

## Resumen

En el sector automovilístico, la reducción de costes es una de las mayores prioridades, ya que a diferencia de otros sectores, los costes de fabricación son muy altos debido a diversos factores: gran número de trabajadores, tecnologías, etc. La lucha por la reducción de los costes, es una lucha de supervivencia no solo entre las diferentes firmas para no desaparecer, sino que también entre las fabricas que componen una misma multinacional, con el fin de obtener las adjudicaciones de los nuevos modelos de la empresa y con ello, la no deslocalización de la fabrica.

En este sentido, el presente proyecto expone el estudio realizado por una fabrica de una firma de automóviles, en competencia con otra fabrica de la misma empresa, con el fin de obtener la adjudicación de los componentes de un vehiculo, en vez de que sea su rival quien la obtenga. En el estudio se puede percibir, las metodologías que se realizan en los diversos aspectos, con el fin de obtener unos costes de fabricación y una inversión inferior al proyecto que presente la otra fábrica. A tal efecto, el proyecto ha sido estructurado de la siguiente forma:

En primer lugar, se analiza los elementos que se quieren fabricar, para después realizar un análisis de procesos y de tiempo. Seguidamente, se realiza un estudio ergonómico seguido de un análisis logístico, con el fin de tener el proceso de abastecimiento de piezas a las instalaciones controlado, así como también tener diseñado el envío de piezas a la fábrica principal. Después, se estudia como obtener un óptimo control de la calidad mediante el detectado del momento exacto en el cual se deben realizar las pautas destructivas de los elementos. A titulo interno de la fabrica, se expone también un ejemplo de cómo mejorar los procesos, mediante filosofía LEAN-Manufacturing, cogiendo como ejemplo una instalación ya existente. El ejemplo sirve de base, para las futuras instalaciones de las piezas a fabricar del nuevo modelo, en caso de que estas, sean adjudicadas.

Finalmente, en la última parte del proyecto se presenta, un presupuesto, el cual será entregado al comité presidencial de la empresa, esperando que sea mejor que la oferta de la otra fábrica, con el objetivo de obtener la adjudicación de los componentes.

Este proyecto, basado en un caso real, fue posible gracias a un convenio de colaboración universidad-empresa, mediante el cual el autor tuvo la posibilidad de trabajar en los departamentos de procesos e ingeniería industrial de la multinacional SEAT S.A.





## Sumario

Resumen	1
Sumario	3
1. Glosario	7
2. Prefacio	15
3. Introducción	18
4. Estudio de los conjuntos	20
4.1. Premisas iniciales.....	20
4.2. Composición de las instalaciones para cada conjuntos.....	21
4.2.1. Identificación de elementos que necesitan instalaciones (por conjunto).....	22
4.2.2. Definición de los medios que componen las instalaciones.....	22
4.2.3. Definición superficie para las instalaciones.....	23
5. Definición de las instalaciones y de los tiempos/procesos de fabricación	25
5.1. Bases.....	25
5.1.1. Instalación A.....	25
5.1.2. Instalación B.....	28
5.1.3. Instalación C.....	29
5.1.4. Instalación D.....	31
5.1.5. Instalación E.....	32
5.1.6. Instalación F.....	36
5.1.7. Instalación G.....	37
5.2. Configuración final de las instalaciones.....	39
6. Ergonomía	42
6.1. Premisas.....	42
6.2. Establecimiento de parámetros.....	44
6.2.1. Definición del peso teórico a levantar.....	44
6.2.1.1. Proceso de llenado y dejado de MC's.....	45
6.2.1.2. Zonas de trabajo.....	47
6.2.2. Definición del peso real máximo (4 coeficientes).....	48
6.2.2.1. F.C. vertical.....	49



6.2.2.2.	F.C. giro.....	49
6.2.2.3.	F.C. agarre.....	50
6.2.2.4.	F.C. frecuencia.....	51
6.2.2.5.	Peso real de un MC.....	52
6.2.3.	Fatiga absoluta.....	52
6.2.4.	Resumen.....	53
6.3.	Establecimiento número piezas por contenedor para el AC-157 y otros.....	54
7.	Logística .....	56
7.1.	Introducción.....	56
7.2.	Entrada de las piezas a la Fabrica B .....	56
7.2.1.	Piezas que no se pueden transportar en MC's.....	56
7.2.2.	Piezas que se pueden transportar en MC's.....	57
7.3.	Salida de los conjuntos de la Fabrica B.....	57
7.3.1.	De la instalación a expediciones.....	57
7.3.2.	De expediciones a la Fabrica A.....	58
7.4.	Circuito logístico de las piezas que van al supermercado.....	58
7.4.1.	Tiempo de llenado de un MC.....	59
7.4.2.	Desplazamientos del operario.....	65
7.4.2.1.	Bases.....	65
7.4.2.2.	Desplazamientos y giros para cargar.....	66
7.4.2.3.	Desplazamientos y giros para descargar.....	67
7.4.3.	Desplazamientos del tren dentro del supermercado.....	67
7.4.3.1.	Bases.....	67
7.4.3.2.	Desplazamientos en supermercado.....	68
7.4.4.	Tiempo de realizado del circuito (tren).....	69
7.4.5.	Decisión número de horas del circuito.....	69
8.	Control de la calidad .....	73
8.1.	Establecimiento pautas de control.....	73
8.1.1.	Método-A.....	76
8.1.2.	Método-B.....	76
8.1.3.	Comparación.....	77
8.1.3.1.	Comparación técnica.....	77
8.1.3.2.	Comparación económica.....	79
8.1.4.	Elección del método.....	79

9. Ejemplo de mejoras	80
9.1. Mejoras gracias al LEAN-Manufacturing.....	80
9.2. Ahorros del tiempos gracias al LEAN-Manufacturing.....	84
9.2.1. Proceso antiguo.....	84
9.2.2. Proceso nuevo.....	85
9.2.3. Ahorros tangibles.....	86
9.2.3.1. Comparación económica.....	87
9.2.3.2. Otros ahorros.....	87
10. Estudio del impacto medioambiental	88
11. Presupuesto	89
11.1. Premisas iniciales. Coste MOD y MOI.....	89
11.2. Calculo del coste unitario de los conjuntos.....	91
11.2.1. Inversión inicial y amortización.....	91
11.2.2. Coste de las piezas que trae el proveedor.....	92
11.2.3. Coste de la mano de obra directa (MOD).....	94
11.2.4. Coste de desplazamientos logísticos.....	95
11.2.5. Coste de la electricidad y del agua.....	97
11.2.6. Resultados del coste unitario de cada conjunto.....	98
Conclusiones	101
Agradecimientos	103
Bibliografía	105
Anexo-A. Identificación de los conjuntos y sus piezas	107
Anexo-B. Tabla estandarizada de tiempos de procesos	111
Anexo-C. Capacidad máxima de fabricación del modelo AC-157	113
Anexo-D. Descriptivo inversiones de las instalaciones	114
Anexo-E. Descriptivo costes unitarios debido energía	116





## 1. Glosario

**Fábrica A:** Es la fábrica más importante de la empresa, en donde se pretende enviar los conjuntos del proyecto.

**Fábrica B:** Es la fábrica en donde se realiza el estudio y en donde se pretende fabricar los conjuntos del proyecto para enviarlos a la Fábrica A. En la actualidad, la Fábrica B construye otros modelos y espera la adjudicación del AC-157 con el fin de incrementar la saturación de la fábrica.

**Clave:** Una clave es como la “matricula” de identificación de una pieza, subconjunto o conjunto.

**Pieza:** Es cada uno de los elementos simples y no dependientes de ningún otro elemento que se integran en un conjunto, como por ejemplo un tornillo o una pieza estampada con prensas (traída por el proveedor). Las piezas están identificadas con claves.

**Subconjunto:** Es un elemento formado por varias piezas el cual esta a mitad de proceso, es decir, que todavía le falta una o mas piezas para formar un conjunto.

Ejemplo: pieza 7R1.913.236 mas pieza 7R1.066.744 mas 2 piezas N.905.076.04 forman **subconjunto → 7R1.871.421**.

**Conjunto:** Es un elemento formado por varias piezas. A veces viene precedido de un subconjunto. Ejemplo: subconjunto 7R1.871.421 mas pieza 7R1.910.258 forman **conjunto → 7R1.913.234**. Los conjuntos a veces disponen de mano izquierda y mano derecha. Ejemplo 7R1.913.234/5. Por lo tanto un conjunto puede estar representado por una o dos claves.

**Mano izquierda/derecha:** Es cuando existe una pieza, subconjunto o conjunto y su simétrico (cabe destacar que los coches son simétricos). Ejemplo: 7R1.913.234/5. Cada vez que haya una barra significa que hay una pieza, subconjunto o conjunto izquierda (la de numero ultimo mas pequeño) y una pieza, subconjunto o conjunto derecho (la de numero final mas alto).



Ejemplo:

7R1.913.234/5 { - 7R1.913.234: Pieza (subconjunto o conjunto) izquierda.  
- 7R1.913.235: Pieza (subconjunto o conjunto) derecha.

**Cuello de botella:** Es el punto más lento de una cadena de montaje (o de una instalación). Este punto provoca, que las acciones que le preceden, deban esperar, debido a la lentitud de este punto. Marca el ritmo de producción de una cadena de montaje (o instalación)

**Tiempo ciclo:** Es el tiempo en el que una instalación tarda en fabricar una clave. Que este sea lo más bajo posible, depende que se pueda o no realizar la producción diaria. Su duración se expresa en minutos.

**Tiempo coche:** Es aquel tiempo que se necesita (o que necesita la instalación) para realizar un conjunto (es decir tanto su mano izquierda como su mano derecha), obteniendo así un “coche” (es decir que con ese conjunto, se puede fabricar un coche).

Ejemplo de tiempo coche para **conjunto con mano izquierda/derecha:** 7R1.910.510/1

Tiempo ciclo 7R1.910.510: 1,260 min

Tiempo ciclo 7R1.910.511: 1,260 min

**Tiempo coche 7R1.910.510/1: 2,520 min**

Ejemplo de tiempo coche para conjunto simple: 7R1.924.442

Tiempo ciclo 7R1.924.442: 2,410 min

**Tiempo coche 7R1.924.442: 2,410 min**

En el primer caso, el tiempo coche es el doble del tiempo ciclo puesto que se ha de realizar para un conjunto, la mano izquierda y derecha, para obtener un coche. En el segundo caso el tiempo ciclo es el mismo que el tiempo coche.

No obstante, el tiempo coche es una unidad muy importante puesto que sirve para determinar la producción máxima de una instalación, y a la postre la producción máxima de coches de la fábrica. Esta producción máxima, debe ser superior a la producción diaria prevista. Su duración se expresa en minutos.



**Tiempo preparatorio:** Este es el tiempo que se necesita para tener la instalación a punto (mantenimiento, programación...). Este tiempo está estipulado en 140 min/día, a pesar de que no todos los días se precisa de hacer estas operaciones de puesta a punto (de hecho solo se hacen alrededor de una vez por semana incluso una vez cada 2 semanas). Sin embargo, aunque no se hagan operaciones de mantenimiento, si que estará 140 min parada como tiempo de descanso. Luego los 140min/día se tendrán en cuenta siempre.

**Tiempo de trabajo:** La Fabrica B trabaja 250 días al año, 3 turnos al día, 7h 30 min de trabajo en cada turno (no incluye los 30 minutos de descanso), 60 minutos a la hora. Esto implica:

$$\frac{250 \text{ dias}}{1 \text{ año}} * \frac{3 \text{ turnos}}{1 \text{ dia}} * \frac{7,5 \text{ h}}{1 \text{ turno}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{3375000 \text{ min}}{\text{año}} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

La fábrica trabaja 3375000min al año lo que implica ➔ **1350 min/día.**

Sin embargo, y por temas de asegurar tiempos, a cada día se le restaran 140 min de tiempos preparatorios. Por lo tanto las instalaciones dispondrán de **1210min/día** para fabricar las piezas.

**Vehículo AC-157:** Es el modelo del cual se quieren fabricar 9 de sus conjuntos (14 claves), en la Fábrica B. Es un modelo de gama media-alta.

**Producción diaria:** Esta será de 350 coches/día. Es decir, que se fabricarán conjuntos, de forma y manera que se puedan fabricar 350coches/día.

**El proveedor:** Es una empresa externa, que se encargaría de facilitar las piezas necesarias para fabricar los 9 conjuntos del modelo AC-157 que pretende realizar la Fábrica B. Este proveedor, esta a 150 Km de la Fábrica A y a 140 Km de la Fábrica B.

**MC:** Son las siglas de mini-contenedor. Los MC's, son unos recipientes de plástico con unas medidas de 25cm x 35cm x 10 cm. Es el contenedor, que llevará las piezas pequeñas del supermercado a las instalaciones. Se considera pieza pequeña, aquella que cabe en un MC.

**Supermercado:** El concepto del supermercado **consiste en aprovisionar en una zona específica, señalizada** de la fabrica (mediante carteles) y de manera ordenada todas



aquellas piezas que son suficientemente pequeñas como para ser transportadas en MC's desde el supermercado a las instalaciones. Estas piezas, las cuales poseen de una calle para cada clave, descansan en contenedores universales traídos por el proveedor, esperando ser trasladadas en MC's mediante un tren con vagones-trilogic. En el supermercado habría, tanto las piezas del futuro modelo AC-157, como las de los otros modelos que se realizan en la fábrica.

**Contenedor universal:** Es un gran contenedor metálico de unas dimensiones de 180cm x 120cm x 60cm en el cual se transportan tanto piezas como conjuntos. En un contenedor universal, no se mezclan claves. Por ejemplo, si en un momento dado, en un contenedor universal se transportase la clave 7R1.871.421, solo transportaría esa clave.

**Contenedores específicos:** Son unos contenedores metálicos hechos a medida para algunos conjuntos en particular. (Tanto de los modelos que se construyen en la Fábrica B, como del AC-157, en caso de que este se realizará).

**Trilogic:** Son un conjunto de cilindros metálicos, ruedas, soportes, etc. proveídos por una empresa del mismo nombre. Estos elementos, a modo de “mecanos”, sirven para construir estanterías, mesas, etc. Son unos elementos muy utilizados en la industria del automóvil, sobretodo en las cadenas de montaje. La empresa y los materiales en realidad se llaman Trilogiq ® (con 'q'). Sin embargo en este proyecto, se escribirá con 'c' con el fin de no insertar a cada vez el logo de 'marca registrada'.

**El ferrocarril:** Es simplemente un ferrocarril (como los de mercancías de RENFE) el cual une la Fábrica B con la Fábrica A (las cuales están separadas de 20Km). Se utiliza para llevar los conjuntos acabados de la Fábrica B a la Fábrica A. Obviamente, en caso de adjudicación de los 9 conjuntos del modelo AC-157, también éstos, serían llevados a la Fábrica A mediante este ferrocarril, el cual va de puerta a puerta de las fábricas.



*Imagen 1.1 Ejemplo del ferrocarril*

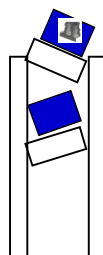
**Tren de vagones-trilogic:** Es un tren conducido por un operario el cual transportará en MC's las piezas pequeñas que necesite una instalación, desde el supermercado. El tren estará formado de 3 vagones-trilogic (máximo permitido debido a temas de seguridad), es decir, de 3 vagones hechos con trilogic. Cada vagón-trilogic, estará constituido de tres pisos y tendrá una dimensiones de 280cm x 200cm x 160cm y dispondrá de 10 carriles de 25cm de ancho en cada piso (es decir, 30 carriles en todo el vagón-trilogic). En cada carril habrá una etiqueta con la clave de una única pieza, la cual indicará la posición exacta dentro del vagón-trilogic, que deberá ocupar los MC's con las piezas de esa clave. Se transportará tanto piezas de los modelos que se hacen en Fábrica B como los hipotéticos del AC-157. Los carriles estarán inclinados para así facilitar las operaciones de carga/descarga de MC's.



*Imagen 1.2 ejemplo del tren, con un vagón-trilogic*

En total, en cada vagón-trilogic cabrá un máximo de 4 MC's por carril de una misma clave y 10 claves (carriles) en cada piso, haciendo que el máximo de claves que se puedan transportar sean de 30 claves por vagón-trilogic (120MC's de máximo) y 90 claves en todo el tren (360MC's de máximo).

**Estanterías-trilogic:** Son unas estanterías hechas con trilogic a medida, para cada instalación, las cuales están en las instalaciones de manera permanente y es en donde se dejan los MC's provenientes del tren con vagones trilogic así como también los MC's vacíos de piezas. Estas estanterías están formadas de dos pisos: En los pisos de arriba, se depositan MC's llenos y en los pisos de abajo MC's que se han vaciado. Los pisos, estarán inclinados, con el fin de facilitar las operaciones de carga y descarga. A pesar de estar hechos a medida, tendrán fijado los carriles a un ancho de 25cm, para que el MC solo entre de un modo.

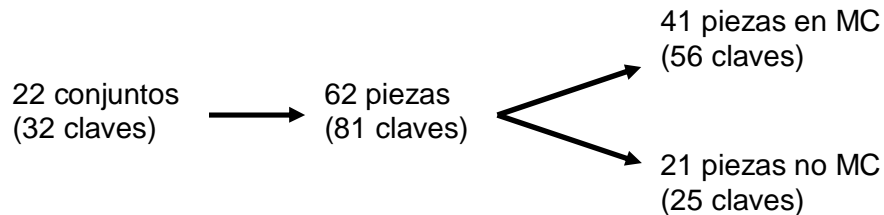


*Figura 1.1 Representación estantería trilogic y de cómo los MC's entran en esta.*

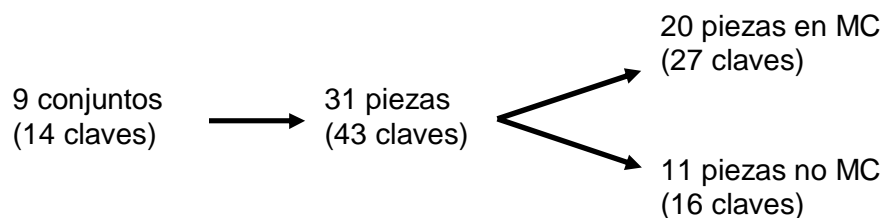


**El circuito del tren con vagones-trilogic:** se trata simplemente, del circuito que realizará este tren por el interior de la fábrica con la intención de abastecer de piezas cada una de las instalaciones de la Fábrica B. Este circuito mide 596 metros.

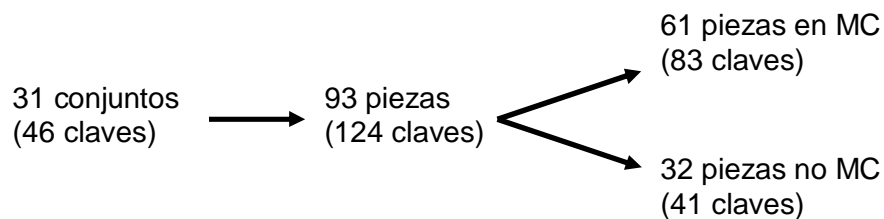
**Los conjuntos que se fabrican en Fábrica B:** La Fábrica B, realiza en la actualidad 22 conjuntos, los cuales están formados de 62 piezas (81 claves) de las cuales 41 piezas (56 claves) pueden ir en MC's y 21 piezas (25 claves) que no pueden ir en MC. Es decir:



Los 9 conjuntos que en el futuro podrían hacerse en la Fábrica-B (del modelo AC-157), tienen la siguiente distribución.



Por lo tanto, si se fabricaran los 9 conjuntos del AC-157, la Fábrica-B dispondría de:



**LEAN-Manufacturing:** Es una filosofía nacida del Toyotismo, la cual pretende reducir los costes de fabricación, eliminando todo tipo de derroches como por ejemplo, los desplazamientos logísticos, los paros de fabricación debido a errores de colocación de las piezas, etc. El LEAN-Manufacturing dispone de varias técnicas para conseguirlo, como las tarjetas 'Kanban', los 'Poka-Yoke', etc.

**Tarjeta 'Kanban':** Es simplemente una tarjeta, que esta situada tanto en el frontal del MC con en la parte posterior del mismo. Indica la cantidad de piezas y el tipo de piezas (clave) con las que se debe llenar un MC.

**‘One touch-one motion’:** Es una de las filosofías LEAN-Manufacturing. Consiste simplemente en colocar las piezas en los MC's del mismo modo, en el que serán colocadas en la instalación (solo se harán con las piezas que tengan el suficientemente tamaño como para hacer esto). De éste modo, cuando el operario de la instalación recibe el MC, solo deberá coger las piezas y colocarlas en la instalación tal cual están, sin necesidad de preguntarse cual es la buena posición, con la consiguiente pérdida de tiempo.

**‘Poka-Yoke’:** Consiste en unos pequeños mecanismos simple, que hacen que el operario, solo pueda colocar las piezas o elementos en un única posición: la correcta. También un ‘Poka-Yoke’, puede ser una cinta que indique al operario hasta donde tiene que llenar un contenedor, evitando así, de que se equivoque. ‘Poka-Yoke’ es una voz japonesa que significa: evitar errores.

**Elementos móviles:** Grupo de conjuntos formado por las puertas, capó y portón trasero.

**Isla:** Sinónimo de instalación





## 2. Prefacio

En un sector tan competitivo como lo es el automovilístico, la investigación, la innovación, la mejora continua de los procesos y la reducción de los costes es clave para la supervivencia de una firma de automóviles.

Por ello, cada 5 años (a veces incluso menos) las marcas de automóviles renuevan sus viejos modelos así como también introducen en el mercado nuevas propuestas con el fin de: abarcar más cuota de mercado, ser más competitivos, aumentar los beneficios, etc.

En este caso que acontece, **basado en un caso real**, ‘**Stark**’ una de las marcas del **grupo automovilístico ‘Stark’** (grupo formado por cuatro marcas de automóviles: la propia ‘Stark’, ‘Leicht’, ‘Bracen’ y ‘TEAS’) ha diseñado un nuevo modelo el cual pretende implementar, el ‘**Stark AC-157**’, un coche familiar a la vez que dinámico. No obstante, todas sus fábricas están casi saturadas en cuanto a capacidad de producción y espacio, haciendo que si se pretendiese construir este nuevo modelo en sus fábricas, los componentes de este, estarían repartidos en varios centros, los cuales distan de cientos de kilómetros unos de otros. Este hecho encarecería enormemente el producto final (coche) debido a transportes logísticos, dificultades de gestión de cada una de las piezas hechas en diversas fábricas, etc.

Por lo tanto la empresa ‘Stark’ deberá tomar dos importantes decisiones de carácter estratégico:

- 1)- La empresa de su grupo que realizará el nuevo coche.
- 2)- La Fabrica/s de la empresa escogida, que lo realizará/n.

Sin embargo, la empresa de coches ‘Stark’ sabe que debido al clima social, económico y político actual, dos de las empresas de su grupo (Bracen y TEAS) atraviesan una delicada situación económica. Por ello, ‘Stark’ pretende que una de esas dos marcas que compone el grupo, realice su nuevo modelo.

Debido a razones político-económicas (subvenciones y acuerdos), la empresa escogida para realizar este modelo será ‘**TEAS**’. Llegados a este punto, se observa que la primera decisión estratégica ha sido ya tomada por los altos ejecutivos de ‘Stark’. Queda pues, ver que fabrica/s de ‘TEAS’ será/n las encargada/s de fabricar el nuevo modelo, decisión la cual, ‘Stark’ deja en manos de ‘TEAS’.



'TEAS', es una pequeña firma automovilística, especializada en el mercado de Europa Occidental y que esta formada por tres fábricas con las siguientes características:

- Fábrica A: 12500 trabajadores y capacidad de realizar 1500 coches por día.
- Fábrica B: 1100 trabajadores y capacidad de realizar conjuntos concretos hasta para 700 coches por día, según el modelo.
- Fábrica C: 750 trabajadores y capacidad para realizar conjuntos concretos hasta para 200 coches por día, según modelo.

De estas tres fabricas, solo la Fábrica A es capaz de producir coches enteros. Dado la situación actual, la Fábrica C, declina hacer ninguna de los conjuntos del nuevo vehículo puesto que sabe, que no puede competir con las otras dos fábricas.

Por un lado, los dirigentes de la Fabrica A, pretenden realizar el coche entero sin depender de las otras fábricas. Por otra banda, los dirigentes de la Fabrica B, saben que no puede realizar el coche entero. No obstante, tiene el convencimiento de que la Fabrica B puede **realizar nueve de las 90 conjuntos (140 claves)** que compone el 'Stark AC-157', con una **inversión menor por conjunto y por un coste unitario menor (por conjunto) de lo que las podría hacer la Fabrica A**, debido a que anteriormente y en la actualidad, construyen y han construido conjuntos parecidos a los 9 que quieren construir.

Entonces los dirigentes de la Fábrica B piden a sus diferentes departamentos (Procesos, Ingeniería Industrial, Finanzas...) que aúnen esfuerzos para trabajar en un mismo proyecto.





### 3. Introducción

Así pues, el proyecto consiste en estudiar la viabilidad a nivel organizativo y técnico del proceso productivo y logístico, para el suministro de conjuntos del modelo AC-157 desde la Fábrica B a la Fábrica A. El proyecto es en competencia con la Fábrica A por la adjudicación de la fabricación de los nueve conjuntos que pretende realizar la Fábrica B, puesto que las otras claves han sido ya adjudicadas a la Fábrica A. El proyecto se compone de las siguientes fases:

- Actualización de la situación actual (planos, layout de la planta...). Estudio de premisas iniciales del proyecto: tipo de instalaciones que se necesitarían, en cuantos turnos se trabajaría, ubicación de las islas de trabajo. Estudio de los documentos de piezas a fabricar (planos, procedimientos...)
- Definición del proyecto: cómo se van a fabricar las piezas y/o conjuntos, con que tipo de instalaciones (robotizadas, combinadas...). Definición de medios: que robots se utilizarían y por qué, que pinzas, tipo de soldadura. Layout de la planta con la situación final prevista de las instalaciones. Estudio/valoración de tiempos ciclo de las instalaciones (cuanto se tardaría en hacer los conjuntos). Optimización de los procesos e instalaciones con el fin de bajar los tiempos ciclo, saturar el tiempo de los operarios y mejorar los flujos logísticos → Incremento de la productividad.
- Cálculo de necesidades: pruebas destructivas, pruebas no destructivas, cálculo de tiempos para la conducción operativa de la instalación. Análisis de los flujos logísticos y de aprovisionamientos. Cálculo de necesidad de personal. Cálculo de costes de fabricación. Análisis ergonómico de manipulación de piezas. Estudio de las inversiones. Cálculo del coste de realización de cada conjunto

#### **OBJETIVO FINAL:**

<b>OBTENER LA ADJUDICACIÓN DE LOS NUEVE CONJUNTOS PARA LA FÁBRICA B</b>
---


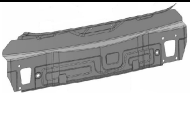
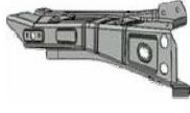
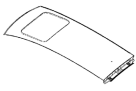




Para ello se debe demostrar a los altos dirigentes de 'TEAS' que la realización de estos 9 conjuntos en la Fábrica B **es rentable económicamente**. Si el proyecto fuera aprobado por el comité presidencial de 'TEAS', se realizaría: Implantación física de las instalaciones. Correcciones de las estimaciones de tiempos ciclos, flujos logísticos y aprovisionamientos. Producción y envío de las piezas.



## 4. Estudio de los conjuntos

### 4.1. Premisas iniciales

Se sabe que se van a estudiar nueve conjuntos (14 claves) de chapistería. Así pues, lo primero que se debe hacer es identificarlos. He aquí los nueve conjuntos:

NUMERO	CLAVE CONJUTO	NOMBRE	IMAGEN
1	7R1.921.280/1	Montante 'A' Inferior Superior Izquierdo/Derecha	
2	7R1.913.234/5	Montante 'A' Interior Inferior Izquierdo/Derecha	
3	7R1.924.442	Refuerzo Faldón Superior	
4	7R1.921.246/7	Larguero Superior Exterior Izquierdo/Derecha	
5	7R1.928.128	Revestimiento Techo Abrible	
6	7R1.910.962	Pasarruedas Posterior Izquierdo	
7	7R1.910.963	Pasarruedas Posterior Derecho	
8	7R1.910.510/1	Pasarruedas Posterior Externo Izquierdo/Derecha	
9	7R1.970.166/7	Traviesa Posterior Izquierda/Derecha	

*Tabla 4.1 Identificación de los conjuntos*

Una vez identificadas los conjuntos, con sus correspondientes piezas (ver Anexo-A), se proceden a estudiar sus planos correspondientes. **Gracias al conocimiento empírico y a la experiencia se procede a analizar para cada una de las claves:** El tipo de maquinas y/o

accesorios que se necesitan. (Mas adelante se explicará, en pagina-33, porque el Pasarruedas Posterior se trata como dos conjuntos y no como uno).

Llegados a este punto, se debe definir con precisión los procesos de fabricación de cada una de las claves y valorar el tiempo de cada operación con el fin de conocer el tiempo ciclo de la instalación, el tiempo coche, etc.

Todo este procedimiento será realizado en coordinación con el departamento de Ingeniería Industrial puesto que son los que tienen estandarizados los tiempos de cada una de las operaciones (Anexo-B) las cuales llevan un coste asociado, debido a su tiempo. A continuación, se verán los medios que necesitan cada conjunto para su fabricación.

## **4.2. Composición instalaciones para cada conjunto**

### **4.2.1. Identificación de elementos que necesitan instalaciones (por conjunto)**

1) - Montante 'A' Interior Superior Izquierdo/Derecha (7R1.921.280/1): 1 célula estándar con nidos, 2 útil soldadura para 7R1.921.280/1, 1 soldadora fija, 1 útil de soldadora fija, 1 robot con pinza soldadora mas paquete energético, 1 soporte de medición, 2 contenedores específicos, 2 contenedores universales, 2 estantería-trilogic.

2) - Montante 'A' Interior Inferior Izquierdo/Derecha (7R1.913.234/5): 1 célula estándar con nidos, 2 útil soldadura para 7R1.913.234/5, 1 robot con pinza soldadora mas paquete energético, 1 soporte de medición, 2 contenedores específicos, 2 contenedores universales, 1 estantería-trilogic.

3) - Refuerzo Faldón Superior (7R1.924.442): 1 célula estándar con nidos (incluye marcador y cinta transportadora), 1 útil soldadura para refuerzo faldón superior 7R1.924.442, 1 robot con pinza soldadora y manipulador mas paquete energético, 1 pinza estática soldadora mas paquete energético, 1 soporte de medición, 2 contenedores universales, 1 estantería-trilogic.

4) - Larguero Superior Exterior Izquierdo/Derecha (7R1.921.246/7): 2 útiles soldadura para soldadora fija, 1 soporte medición, 2 soldadoras fijas, 4 contenedores universales, 2 estantería-trilogic.



5) - Revestimiento Techo Abrible (7R1.928.128): 1 célula estándar con nidos (incluye cinta transportadora), 1 robot grande con manipulador y aplicador masilla verde mas paquete energético, 1 robot grande con manipulador y aplicador masilla negra mas paquete energético, 2 útiles para 7R1.928.128, 1 engrapadora de techo abrible, 1 soporte de medición, 2 contenedores específicos.

6) - Pasarruedas Posterior Izquierdo (7R1.910.962): 1 célula estándar con nidos (incluye poste masilla, cinta transportadora y marcador), 2 robots con pinzas soldadoras y manipuladores mas paquetes energéticos, 1 soporte de medición, 2 útiles para pasarruedas 7R1.910.962, 1 pinza estática mas paquete energético, 3 contenedores, 1 estantería-trilogic.

7) - Pasarruedas Posterior Derecho (7R1.910.963): 1 célula estándar con nidos (incluye poste masilla, cinta transportadora y marcador), 2 robots con pinzas soldadoras y manipuladores mas paquetes energéticos, 1 soporte de medición, 2 útiles para pasarruedas 7R1.910.962, 1 pinza estática mas paquete energético, 3 contenedores, 1 estantería-trilogic.

8)- Pasarruedas Posterior Externo Izquierdo/Derecha (7R1.910.510/1): 1 célula estándar con nidos (incluye mesa giratoria, marcador y cinta transportadora), 2 útiles soldadura para pasarruedas externos (7R1.910.510/1), 1 robot con pinza soldadora y manipulador mas paquete energético, 1 soportes de medición, 1 cilindro soldadora tuerca ('atuercador'), 1 Tucker, 4 contenedores universales, 1 estanteria-trilogic.

9)- Traviesa Posterior Izquierda/Derecha (7R1.970.166/7): 1 célula estándar con nidos (incluye marcador y cinta transportadora), 2 útiles de soldadura 7R1.970.166/7, 1 robots con pinza soldadora y manipulador mas paquete energético, 1 soporte de medición, 1 pinza estática soldadora mas paquete energético, 4 contenedores universales, 1 estantería-trilogic.

#### **4.2.2. Definición de los medios que componen las instalaciones**

Para la construcción de las instalaciones se necesitan, pues, los siguientes medios (solo se definirán aquellos que no son obvios):

Célula estándar con nidos: Es la base de la instalación. Esta compuesta por paredes de metacrilato, ordenadores de control de robots, sensores... En ocasiones incluye marcador, cinta transportadora o poste de masilla (electrosoldable)

Masilla electrosoldable: Masilla utilizada para las uniones (soldaduras). Hay de dos tipos: verde y negra. La verde es utilizada en uniones corrosivas. La negra sirve para dar rigidez.

Tucker: Es una marca comercial. Se alude a la soldadura mediante resistencia de la cabeza de los tornillos

Soldadura protuberancia: Es la soldadura que realiza las soldadoras fijas. Es una soldadura por resistencia que funde unas protuberancias (semiesferas, buñas, etc)

Soldadura por puntos: Es la soldadura que realiza los robots. Soldadura por resistencia en el cual el material fundente son las mismas chapas sin existir ningún material adicional.

Marcador: Equipo que sirve para marcar las piezas o conjuntos mediante impacto

Útiles de soldadura: Es donde se colocan las piezas para que el robot realice las soldaduras. Están hechas a medida y llevan incorporados varios sensores.

“Atuercador”: Es una maquina que coloca tuercas y las suelda.

Pinza estática o soldadora estática: Es una soldadora que esta estática dentro de la instalación. Es muy práctica para ganar tiempo ciclo, al provocar que el robot se aparte de la puerta de entrada.

Soportes de medición: Son unos instrumentos hechos a medida de los conjuntos (con sensores, láseres...) para comprobar que los conjuntos cumplen los criterios de calidad.

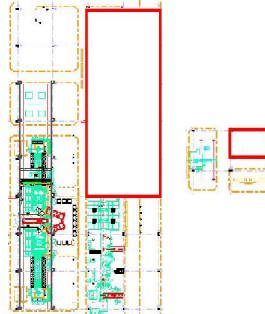
#### **4.2.3. Definición superficie para las instalaciones**

En estos momentos ya se sabe:

- Los conjuntos a integrar en la fábrica.
- El tiempo ciclo de las instalaciones y el tiempo coche para cumplir la necesidad diaria de producción: 350 coches / día
- Los elementos necesarios para la construcción de las instalaciones.



El siguiente paso será estudiar en donde se colocaran las instalaciones y el diseño que tendrán las mismas. En primer lugar, se sabe que en la fábrica se disponen de 1824 m<sup>2</sup> reservados especialmente para la integración del modelo. El espacio reservado es el siguiente.



*Figura 4.1 Espacio disponible para las instalaciones*

Los dos espacios reservados suman: 1824 m<sup>2</sup> (1440 m<sup>2</sup> -24x60 m- el grande y 384 m<sup>2</sup> -24x16 m- el pequeño). Así pues, se va a proceder, a diseñar las instalaciones y su espacio de trabajo en función de la superficie disponible. Hay que destacar, que algunos conjuntos compartirán instalación ya que: tienen un proceso que necesita de los mismos elementos (útiles, pinza, soldadura...), misma programación de robots (o parecida) y/o porque el tiempo ciclo de fabricación de los conjuntos es muy bajo (menos de 1 turno de 7h: 30 por conjunto) lo que implica que en pocas horas se puede realizar toda la producción diaria de las claves en cuestión.

Los beneficios de que hayan conjuntos que compartan instalaciones serán:

- 1) Reducción de costes de construcción de las instalaciones y por consiguiente reducción de coste unitario de las piezas (al haber menos dinero que amortizar).
- 2) Ahorro de superficie.

En el siguiente capítulo, se presentara el proceso de fabricación de los conjuntos así como un croquis de cada una de las instalaciones. En ellas hay que destacar la zona naranja (zona protegida con paredes de metacrilato en donde el robot trabaja) y la zona negra, comprendida de 2 metros adicionales a cada lado del muro de metacrilato en donde están situado los contenedores con las piezas a cargar en la maquina y con las piezas a descargar, donde se realizará pautas de control, etc. Hay que destacar que en la realidad, se ha pensado antes en el proceso que en la propia configuración de las instalaciones. Sin embargo, para mayor claridad del texto, se presentará primero la configuración de la isla en cuestión y a continuación el proceso de las claves que contiene la isla.



## 5. Definición de las instalaciones y de los tiempos/procesos de fabricación

### 5.1. Bases

Antes de empezar, destacar que los procesos que se definirán, se harán para las manos izquierda de cada conjunto y que se entiende que el proceso será análogo para la mano derecha (en caso de haber manos izquierda y derecha). También destacar que a la hora de asignar una cantidad de coches a cada turno, esta asignación se hará de tal manera para que se hagan los máximos posibles, en el turno de mañana y tarde (la explicación se dará en el capítulo-11). Remarcar también, que en las 'operaciones de carga' normalmente ya estarán implícitos los tiempos de coger las piezas y desplazarse hasta el útil. Las instalaciones dispondrán de 140 minutos menos al día debido al **tiempo preparatorio**. Por lo tanto los cálculos se harán, sabiendo que un día, dispone de 1210 minutos. El tiempo preparatorio siempre se dejará para el final. Luego el turno de noche, no tiene 450 minutos como los otros turnos sino que 310 minutos.

La filosofía, será intentar que cada instalación tenga un solo operario por turno. Como último destacar que en los futuros esquemas de las instalaciones que se mostraran, los soportes de medición no aparecen puesto que están en otra zona de la fábrica (concretamente en donde se hacen las pruebas no destructivas).

#### 5.1.1. Instalación A

Esta instalación será compartida por dos claves



CLAVE CONJUNTO	NOMBRE	IMAGEN
7R1.921.280/1	Montante 'A' Inferior Superior Izquierdo/Derecha	
7R1.913.234/5	Montante 'A' Interior Inferior Izquierdo/Derecha	

Tabla 5.1 Identificación conjuntos instalación A

La instalación tendrá unas dimensiones de 7 metros de ancho por 6 de largo (7x6 m Zona naranja). Teniendo en cuenta la zona negra, la isla tendrá unas dimensiones finales de 11x10m. La distribución de los elementos será la siguiente.



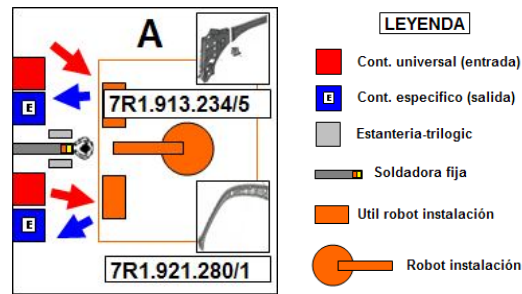


Figura 5.1 Composición instalación A

Al compartir 2 conjuntos una misma instalación, los contenedores universales y específicos, se irán cambiando según el conjunto que se trabaje. Así como también los tiempos de soldadura. A continuación, el proceso de los conjuntos que trabaja la instalación con sus respectivos tiempos de proceso.

Descripción proceso de fabricación conjunto 7R1.921.280/1

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Soldadora Fija (min)	Robot/ Instal. (min)
Descarga del útil derecho instalación robot, el conjunto derecha 7R1.921.281 y lo deja en contenedor	0,150		
Coge pieza 7R1.910.318 y posiciona en soldadora fija.	0,070		
Coge 1 tuerca N.905.487.13 y posiciona soldadora fija	0,060		
Pulsa automático		0,040	
Extrae subconjunto 7R1.921.440 de soldadora fija	0,070		
Coloca subconjunto 7R1.921.440 en útil izquierdo instalación robot	0,100		
Carga en el útil del robot y sobre el subconjunto 7R1.921.440 las piezas: 7R1.928.074, 7R1.910.678, 7R1.910.696	0,210		
Pulsa botonera (en cuanto el robot esta libre)	0,050		
Baja pantalla protectora y bloqueo			0,060
Robot se acerca al útil izquierdo			0,050
Robot realiza soldadura 13 puntos (0,05min por punto)			0,650
Sube pantalla protectora y desbloqueo			0,060
<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,710</b>	<b>0,040</b>	<b>0,820</b>

Tabla 5.2 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.921.280/1

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES</b>	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>0,820</b>
Tiempo coche instalación (min)	1,640
Capacidad máxima teórica de la instalación (coches/día)	823
Capacidad máxima teórica instalación compartiendo (coches/día)	456
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140*55,4% min preparación) <sup>1</sup>	<b>408</b>

Tabla 5.3 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.921.280/1

Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.913.234/5

<b>DESCRIPTIVO PROCESOS</b>	<b>Operario (min)</b>	<b>Soldadora Fija (min)</b>	<b>Robot/ Instal. (min)</b>
Descarga del útil derecha instalación robot el conjunto derecha 7R1.913.235 y lo deja en contenedor	0,120		
Coge pieza 7R1.913.236 y posiciona en soldadora fija	0,070		
Coge pieza 7R1.066.744 y posiciona en soldadora fija	0,070		
Pulsa automático		0,040	
Coloca 1 tuercas N.905.076.04	0,060		
Pulsa automático		0,040	
Extrae subconjunto 7R1.871.421 de soldadora fija	0,070		
Coloca subconjunto 7R1.871.421 en útil instal. robot	0,070		
Carga en el útil del robot y sobre el subconjunto 7R1.871.421 la pieza: 7R1.910.258	0,070		
Pulsa botonera (en cuanto el robot esta libre)	0,050		
Baja pantalla protectora y bloqueo			0,060
Robot se acerca al útil izquierda			0,050
Soldadura 7 puntos (0,05min por punto)			0,350
Sube pantalla protectora y desbloqueo			0,060
<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,580</b>	<b>0,080</b>	<b>0,520</b>

Tabla 5.4 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.913.234/5

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES</b>	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>0,660</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	1,320
Capacidad máxima teórica de la instalación	1022
Capacidad máxima teórica instalación compartiendo (coches/día)	456
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140*44,6% min preparación)	<b>408</b>

Tabla 5.5 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.913.234/5

<sup>1</sup> El tiempo de preparación, en este caso, no es de 140 minutos, puesto que este conjunto comparte la instalación con el conjunto 7R1.913.234/5. Un conjunto 7R1.921.280/1 necesita 0,820min en cambio un conjunto 7R1.913.234/5 necesita 0,660min. Por tanto, al conjunto 7R1.921.280/1 se le asigna 55,4% del tiempo ( $0,820 + 0,660 = 1,480$  luego 0,820 representa el 55,4% de 1,480). Por lo tanto, la capacidad máxima de la instalación para realizar el coche (es decir, para realizar la mano izquierda y derecha del conjunto 7R1.921.280/1) sería de 823 coches. Sin embargo, esta instalación solo se usará el 55,4% del tiempo (además de descontar el tiempo de preparación). Por lo tanto solo podrá producir 408 coches.



Una vez sacado el tiempo ciclo de la instalación y la capacidad de coches que puede producir para cada uno de los conjuntos (a pesar de que la instalación es compartida, se observa que puede fabricar los 350 coches/día), se establecerá en que turnos, serán fabricados los conjuntos (“coches”) y cuantos en cada turno.

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DIA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
1	7R1.921.280/1	1,640	152	152	46
2	7R1.913.234/5	1,320	152	152	46

Tabla 5.6 Distribución de la fabricación por turnos de los conjuntos 7R1.921.280/1 y 7R1.913.234/5

En efecto, a pesar de que el tiempo coche es diferente, la distribución es la misma debido a que se ha hecho de manera proporcional. Destacar, que se debería, tener en cuenta el tiempo de cambio de útiles y contenedores (recordar que la instalación es compartida). Sin embargo este tiempo, es absorbido por los 140 min de tiempos preparatorios que tienen todas las instalaciones en general. Destacar que la distribución real de los “coches” a realizar, en la realidad no sería la expuesta en tabla 5.6, sino que primero se harían todas las claves de un conjunto, y después los de la otra. Sin embargo, como el coste (capítulo-11) sería el mismo con la distribución de la tabla 5.6 que con la distribución real, se acabará aceptando la de la tabla 5.6.

### 5.1.2. Instalación B


CLAVE CONJUNTO	NOMBRE	IMAGEN
7R1.924.442	Refuerzo Faldón Superior	

Tabla 2.7 Identificación conjuntos instalación A

La instalación tendrá unas dimensiones de 11 metros de ancho por 10 de largo (11x10 m Zona naranja). Teniendo en cuenta zona negra, la isla tendrá dimensiones de 15x14 m.

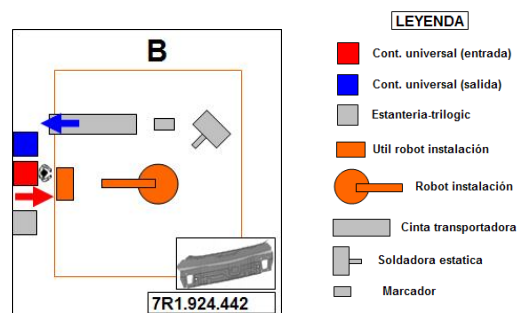


Figura 5.2 Composición instalación B

Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.914.442

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Soldadora Fija (min)	Robot/ Instal. (min)
Carga sobre útil robot la pieza 7R1.924.444	0,180		
Carga en parte superior del útil robot de 4 piezas tipo 1J0.915.300	0,280		
Carga en parte superior del útil robot la pieza 7R1.924.552	0,070		
Carga en parte inferior útil 2 piezas 5N0.924.854	0,140		
Pulsa botonera	0,050		
Baja pantalla protectora y se activa bloqueo			0,060
Robot se posiciona en útil			0,050
Robot realiza 16 puntos de soldadura (0,05min por punto)			0,800
Sube pantalla protectora y se desactiva el bloqueo			0,060
Robot gira eje y con nueva posición dispone del manipulador			0,150
Robot extrae conjunto 7R1.924.442 del útil y lo lleva a pinza estática de la instalación			0,120
Pinza (soldadora) estática realiza 21 puntos de soldadura (0,04min por punto)			0,840
Robot coge conjunto 7R1.924.442 de pinza estática y la acerca al marcador			0,100
Marcador marca			0,080
Robot deposita conjunto 7R1.924.442 en cinta			0,150
Descarga conjunto 7R1.924.442 de la cinta y coloca en contenedor	0,180		

<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,900</b>	<b>0,000</b>	<b>2,410</b>
----------------------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 5.8 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.924.442

CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>2,410</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	2,410
Capacidad máxima teórica de la instalación	560
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140 min preparación)	<b>502</b>

Tabla 5.9 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.924.442

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DIA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
3	7R1.924.442	2,410	186	164	0

Tabla 5.10 Distribución de la fabricación por turnos del conjunto 7R1.924.442

**5.1.3. Instalación C**

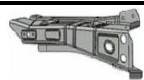
CLAVE CONJUNTO	NOMBRE	IMAGEN
7R1.921.246/7	Larguero Superior Exterior	

Tabla 5.11 Identificación conjuntos instalación C



Esta instalación tiene una longitud de 5 metros de ancho por 4 de largo (5x4 m Zona negra). Como aquí solo hay zona negra (no robots), la isla tendrá unas dimensiones de 5x4 m.

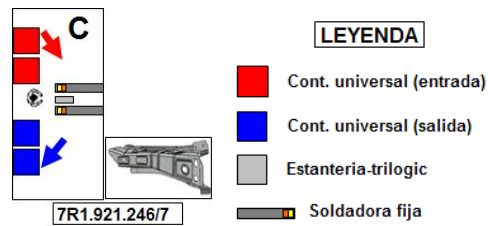


Figura 5.3 Composición instalación C

La instalación se caracteriza por ser una instalación totalmente manual en la que solo hay 2 soldadoras fijas y ningún robot. A continuación el proceso.

Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.921.246/7

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Soldadora Fija (min)	Robot/ Instal. (min)
Coge pieza 7R1.921.254 y posiciona en soldadora fija (en 1º soldadora)	0,070		
Coge tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza	0,060		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Cambio posicionamiento pieza	0,040		
Coloca 2º tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza	0,050		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Cambio posicionamiento pieza	0,040		
Coloca 3º tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza	0,050		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Cambio posicionamiento pieza	0,040		
Coloca 4º tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza (en 2º soldadora)	0,050		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Cambio posicionamiento pieza	0,040		
Coloca 5º tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza	0,050		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Cambio posicionamiento pieza	0,040		
Coloca 6º tornillo N.021.267.6 y posiciona en pieza	0,050		
Pulsa soldadura automática		0,040	
Descarga conjunto y lo deja en contenedor	0,100		
<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,680</b>	<b>0,240</b>	<b>0,000</b>

Tabla 5.12 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.921.246/7

CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES	
Tiempo ciclo conjunto (min) <sup>2</sup>	<b>0,920</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	1,840
Capacidad máxima teórica instalación (coches/día)	733
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140min preparación)	<b>657</b>

Tabla 5.13 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.921.246/7

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DÍA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
4	7R1.921.246/7	1,840	244	106	0

Tabla 5.14 Distribución de la fabricación por turnos del conjunto 7R1.921.246/7

#### 5.1.4. Instalación D

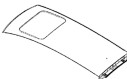
CLAVE CONJUNTO	NOMBRE	IMAGEN
7R1.928.128	Revestimiento Techo Abrible	

Tabla 5.15 Identificación conjuntos instalación D

Esta es la instalación de mayor dimensión; 20 metros de ancho por 12 de largo (20x12 m Zona naranja). La zona negra, de ésta, tendrá unas dimensiones finales de 24x16 m.

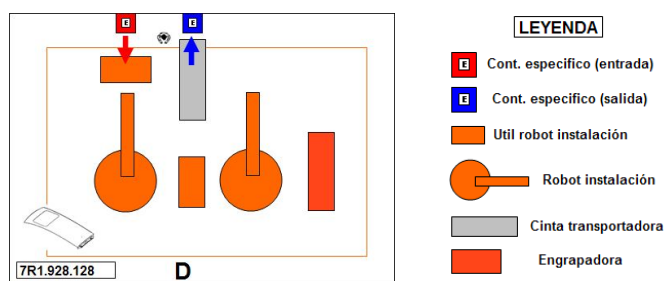


Figura 5.4 Composición instalación D

La instalación se caracteriza por tener 2 robots algo más grandes que los robots de las otras instalaciones. También se caracteriza por su alto tiempo de ciclo. Cabe destacar también, que esta instalación es “especial”, puesto que se encarga de hacer techos abribles, que como se sabe es un “extra” que tienen algunos vehículos del mercado en general y este en particular. Como bien se sabe, este extra no es muy demandado, y por lo tanto no es necesario que la instalación logre alcanzar los 350 conjuntos (coches) por día. De hecho solo **necesita de 105** como producción diaria. Destacar también que todos los tiempos son más grandes, debido al peso del techo (y la dificultad de su manipulación)

<sup>2</sup> El cuello de botella es el operario, al cual se le suma tiempo de la soldadora fija



**Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.928.128**

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Robot-1/ Instal. (min)	Robot-2/ Instal. (min)	Engrapadora
Carga revestimiento techo 7R1.928.222 (sin abrir) en útil robot-1	0,250			
Pulsa botonera	0,050			
Baja pantalla protectora y bloqueo		0,060		
Robot-1 se aproxima a útil		0,050		
Robot-1 aplica masilla verde (400mm)		1,200		
Robot-1 realiza un giro (para usar manipulador)		0,150		
Robot-1 coge revestimiento 7R1.928.222 y posiciona en útil intermedio (cuando libre)		0,180		
Sube pantalla protectora y desbloqueo		0,060		
Robot-2 se posiciona en útil intermedio			0,050	
Robot-2 aplica masilla negra (400mm)			2,300	
Robot-2 coge revestimiento 7R1.928.222 de útil intermedio y lo lleva a engrapadora			0,250	
Engrapado (se convierte en conjunto 7R1.928.128)				3,050
Robot-2 coge el conjunto de la engrapadora y la deja en cinta transportadora			0,250	
Operario descarga conjunto 7R1.928.128 y lo deja en contenedor específico	0,250			
<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,550</b>	<b>1,700</b>	<b>2,850</b>	<b>3,050</b>

Tabla 5.16 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.928.128

CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES	
Tiempo ciclo conjunto (min) (tiempo robot-2 más engrapadora)	<b>5,900</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	5,900
Capacidad máxima teórica instalación (coches/día)	228
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140min preparación)	<b>205</b>

Tabla 5.17 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.928.128

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 105 COCHES/DÍA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
5	7R1.928.128	5,900	76	29	0

Tabla 5.18 Distribución de la fabricación por turnos del conjunto 7R1.928.128

**5.1.5. Instalación E**



CLAVE	NOMBRE	IMAGEN
7R1.910.962	<b>Pasarruedas Interior Izquierdo</b>	
7R1.910.963	<b>Pasarruedas Interior Derecho</b>	

Tabla 5.19 Identificación conjuntos instalación E



Esta instalación hará unas dimensiones de 10 metros de ancho por 10 de largo (10x10 m cada una de las zonas naranja). Sabiendo las características de la zona negra, la instalación tendrá unas dimensiones finales de 28x14m. A continuación se muestra la instalación<sup>3</sup>.

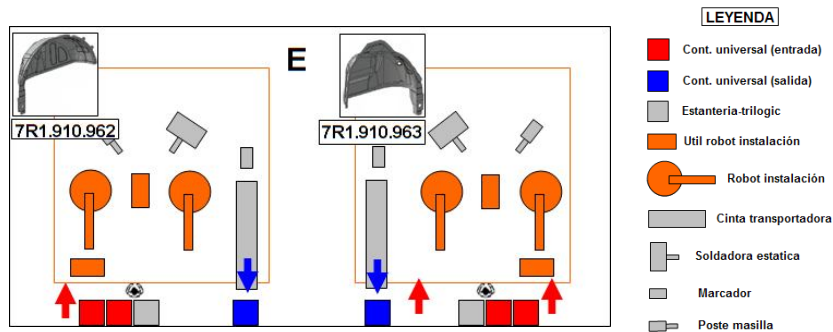


Figura 5.5 Composición instalación E

La instalación se caracteriza por trabajar de hecho el mismo conjunto (es decir la mano izquierda y la derecha). En el 99% de los casos, un conjunto es construido en la misma instalación, con los mismos elementos (pero para la parte contraria) y con idéntico tiempo ciclo para cada mano. Sin embargo, este conjunto debido a su complejidad y a que no es exactamente igual, es tratado como dos conjuntos diferentes y por consiguiente, en dos zonas naranjas diferentes. No obstante, por cuestiones logísticas, son englobadas en la misma instalación. He aquí la configuración de esta instalación

#### Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.910.962

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Robot-1/ Instal. (min)	Robot-2/ Instal. (min)
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.921.536	0,180		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.921.894	0,100		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.913.202	0,100		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.913.458	0,070		
Pulsa botonera	0,050		
Baja pantalla protectora y se activa bloqueo		0,060	
Robot-1 se aproxima a útil para realizar soldadura		0,050	
Robot-1 realiza 15 puntos de soldadura (0,05min por punto). Se forma conjunto 7R1.910.962		0,750	
Robot-1 realiza un giro (para usar manipulador)		0,060	
Robot-1 coge conjunto 7R1.910.962 y posiciona en útil intermedio		0,050	
Sube pantalla protectora y desbloqueo		0,060	
Operario se desplaza a cinta descarga	0,070		
Descarga conjunto (proceso antiguo) y lo deja en contenedor.	0,180		
Aprovisionamiento piezas (4 piezas)	0,120		

<sup>3</sup> la imagen de la instalación ha sido girada con el objetivo de que cupiera en la imagen.



Se desplaza útil	0,070		
Robot-2 coge conjunto 7R1.910.962 de útil intermedio y lo lleva a pinza estática			0,120
Pinza estática realiza 18 puntos de soldadura			0,720
Lleva a poste masilla			0,150
Aplicación masilla (219 mm)			0,037
Robot 2 deposita marcador			0,100
Marcador marca			0,080
Robot-2 coge conjunto y deposita pieza en cinta transportadora (girando el eje)			0,150
Robot-2 se posiciona en el útil intermedio			0,050
Robot-2 realiza un giro de eje			0,060

<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,940</b>	<b>1,030</b>	<b>1,467</b>
----------------------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 5.19 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.910.962

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE LA CLAVE 7R1.910.962</b>	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>1,467</b>
Capacidad máxima teórica instalación (conjuntos/día)	920
Capacidad máxima real instalación(conjunto/día) (descontando 140min preparación) <sup>4</sup>	<b>824</b>

Tabla 5.20 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.910.962

#### Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.910.963

<b>DESCRIPTIVO PROCESOS</b>	<b>Operario (min)</b>	<b>Robot-1/ Instal. (min)</b>	<b>Robot-2/ Instal. (min)</b>
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.921.537	0,180		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.921.895	0,100		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.923.203	0,100		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.910.459	0,070		
Operario carga sobre útil robot la pieza 7R1.913.795	0,070		
Pulsa botonera	0,050		
Baja pantalla protectora y se activa bloqueo		0,060	
Robot-1 se aproxima a útil para realizar soldadura		0,050	
Robot-1 realiza 17 puntos de soldadura (se forma conjunto (7R1.910.963))		0,850	
Robot-1 realiza un giro (para usar manipulador)		0,060	
Robot-1 coge conjunto 7R1.910.963 (proceso anterior) y posiciona en útil intermedio		0,050	
Sube pantalla protectora y desbloqueo		0,060	
Operario se desplaza a cinta descarga	0,070		
Descarga conjunto (proceso anterior) y lo deja en contenedor	0,180		
Aprovisionamiento piezas (4 piezas)	0,120		
Se desplaza a útil	0,070		

<sup>4</sup> Este conjunto tiene mano izquierda y derecha. Sin embargo se realiza en una instalación doble, para que cada clave sea independiente. Por lo tanto la cantidad que se muestra es de manos izquierda y no de coches (falta la mano derecha)

Robot-2 coge conjunto 7R1.910.963 de útil intermedio y lo lleva a pinza estática			0,120
Pinza estática realiza 19 puntos de soldadura			0,760
Lleva a poste masilla			0,150
Aplicación masilla (295 mm)			0,050
Robot 2 deposita marcador			0,100
Marcador marca			0,080
Robot-2 coge conjunto y deposita pieza en cinta transportadora (girando el eje)			0,150
Robot-2 se posiciona en el útil intermedio			0,050
Robot-2 realiza un giro eje			0,060

<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>1,010</b>	<b>1,130</b>	<b>1,520</b>
----------------------------------	--------------	--------------	--------------

*Tabla 5.21 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.910.963*

A pesar de que el proceso de este conjunto pueda parecer que es exactamente el mismo que el del conjunto izquierda, remarcar que no es así. Por ejemplo, hay una pieza extra, más masilla a aplicar, y más puntos de soldadura que el conjunto izquierda. Estas pequeñas diferencias en el proceso, hacen pequeños aumentos en el tiempo ciclo, lo que hará, es que se puedan construir (de máximo) menos manos derecha al día que manos izquierda.

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE LA CLAVE 7R1.910.963</b>	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>1,520</b>
Capacidad máxima teórica instalación (conjuntos/día)	888
Capacidad máxima real instalación(conjunto/día) (descontando 140min preparación) <sup>5</sup>	<b>796</b>

*Tabla 5.22 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.910.963*

En efecto, no solo el proceso es ligeramente distinto, sino que la capacidad máxima de producción es distinta. Remarcar también que en la tablas 22 y 24 solo se ha mostrado el número de conjuntos que puede hacer cada instalación. Falta pues saber el número de coches que se podrían fabricar de máximo.

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES</b>	
Capacidad máxima real instalación (conjuntos izquierda/día)	824
Capacidad máxima real instalación (conjuntos derecha/día)	796
Capacidad máxima real instalación(conjunto /día) (descontando 140min preparación)	<b>796</b>

*Tabla 5.23 Comparación capacidades de fabricación 7R1.910.962 y 7R1.910.963*

Así pues, en el hipotético caso que se quisiera realizar la capacidad máxima de la instalación, esta seria de 796 coches/día, ya que no tiene sentido, realizar conjuntos (en este caso izquierda) si no se tiene su “contrario” (y por tanto no se podría realizar un coche por faltar el conjunto “contrario”, en este caso derecha). A continuación, la distribución por turnos (de los 350 coches/día).

<sup>5</sup> Lo explicado en pie de pagina de la pagina anterior, pero para el conjunto derecha



DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DIA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
6	7R1.910.962	1,467	306	44	0
7	7R1.910.963	1,520	296	54	0

Tabla 5.24 Distribución de la fabricación por turnos de los conjuntos 7R1.910.962 y 7R1.910.963

### 5.1.6. Instalación F


CLAVE	NOMBRE	IMAGEN
7R1.910.510/1	Pasarruedas Posterior Externo Izquierdo/Derecha	

Tabla 5.25 Identificación conjuntos instalación F

Comprende las siguientes dimensiones: 6 metros de ancho por 10 de largo (6x10 m Zona naranja). Dimensiones finales con zona negra de 10x14 m

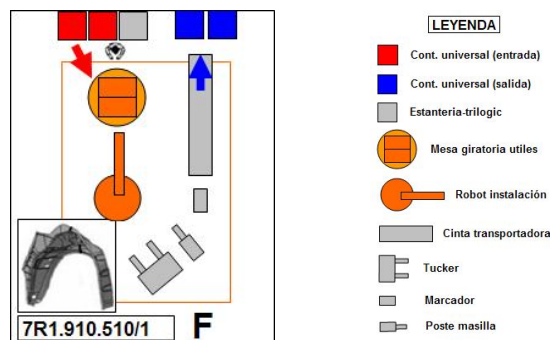


Figura 5.6 Composición instalación E

En esta instalación, se hará tanto la mano izquierda como la derecha. Esto es posible debido a que su tiempo ciclo de fabricación es lo suficientemente bajo como para cumplir la demanda diaria de 350 piezas día tanto para la mano izquierda como para la derecha.

#### Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.910.510

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Soldadora Fija (min)	Robot/ Instal. (min)
Operario carga sobre útil instalación la pieza 7R1.910.523	0,180		
Operario carga sobre útil instalación la pieza 7R1.904.592	0,100		
Pulsa botonera	0,050		
Se desplaza a cinta descarga	0,070		
Descarga conjunto acabado 7R1.910.511 (proceso anterior, conjunto derecho) de la cinta transportadora y lo deja en contenedor	0,180		
Baja pantalla protectora y bloqueo			0,060

Gira la mesa giratoria-útil			0,030
Robot-1 se acerca al útil-instalación			0,050
Suelda 5 puntos (se forma conjunto 7R1.910.510)			0,250
Robot-1 realiza un giro (para usar garra)			0,060
Robot coge conjunto 7R1.910.510 y posiciona delante Tucker			0,050
Sube pantalla protectora y desbloqueo			0,060
Soldadura Tucker (5 puntos)			0,250
Robot desplaza conjunto 7R1.910.510 delante atuercador			0,050
Atuercador coloca una tuerca			0,030
Atuercador suelda la tuerca (1 punto)			0,040
Robot desplaza 7R1.910.510 delante marcador			0,100
Marcador marca			0,080
Robot deposita conjunto 7R1.910.510 en cinta transportadora (girando el eje)			0,150

<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,580</b>	<b>0,000</b>	<b>1,260</b>
----------------------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 5.26 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.910.510/1

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES</b>	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>1,260</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	2,520
Capacidad máxima teórica instalación (coches/día)	535
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140min preparación)	<b>480</b>

Tabla 5.27 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.910.510/1

<b>DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DÍA</b>					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
8	7R1.910.510/1	2,520	178	172	0

Tabla 5.28 Distribución de la fabricación para el conjunto 7R1.910.510/1

### 5.1.7. Instalación G


CLAVE	NOMBRE	IMAGEN
7R1.970.166/7	Traviesa Posterior Izquierda/Derecha	

Tabla 5.29 Identificación conjuntos instalación G

Esta instalación tiene una longitud de 10 metros de ancho por 10 de largo (10x24 m Zona naranja). Teniendo como siempre la zona negra, la isla tendrá unas dimensiones finales de 14x28 m. A continuación se muestra el proceso con sus respectivos tiempos.



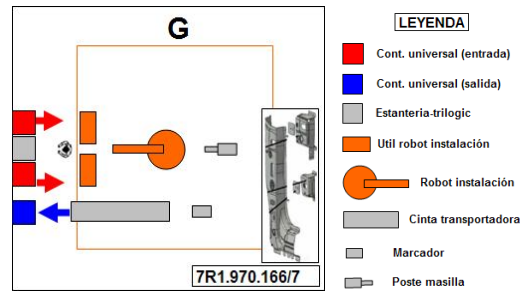


Figura 5.7 Composición instalación G

Descripción proceso fabricación conjunto 7R1.970.166/7

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)	Soldadora Fija (min)	Robot/ Instal. (min)
Operario carga sobre útil instalación la pieza 7R1.971.328	0,070		
Operario carga sobre útil instalación dos piezas tipo 7R1.972.982	0,100		
Operario carga sobre útil instalación la pieza 7R1.972.310	0,050		
Operario carga sobre útil instalación la pieza 7R1.973.304	0,050		
Pulsa botón accionado instalación	0,050		
Se desplaza a cinta de descarga	0,060		
Descarga conjunto acabado 7R1.970.167 (proceso anterior, conjunto derecho) de la cinta transportadora y lo deja en contenedor	0,180		
Baja pantalla protectora y bloqueo			0,060
Robot se acerca al útil-instalación con pinza soldadora			0,050
Suelda 10 puntos (se forma conjunto 7R1.970.166)			0,500
Robot-1 realiza un giro (para usar manipulador)			0,060
Robot coge conjunto 7R1.970.166 y posiciona delante de soldadora estática			0,050
Realización de 8 puntos de soldadura estática			0,320
Robot desplaza 7R1.970.166 delante marcador			0,100
Marcador marca			0,080
Robot deposita conjunto 7R1.970.166 en cinta transportadora (girando el eje)			0,150
<b>TOTAL POR ELEMENTOS (min)</b>	<b>0,560</b>	<b>0,000</b>	<b>1,370</b>

Tabla 5.30 Definición del proceso y tiempo ciclo del conjunto 7R1.970.166/7

CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MÁXIMA DIARIA DE COCHES	
Tiempo ciclo conjunto (min)	<b>1,370</b>
Tiempo coche de la instalación (min)	2,740
Capacidad máxima teórica instalación (coches/día)	492
Capacidad máxima real instalación (coches/día) (descontando 140min preparación)	<b>441</b>

Tabla 5.31 Capacidad de fabricación para el conjunto 7R1.970.166/7

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DÍA					
Nº	CONJUNTO	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
9	7R1.970.166/7	2,740	164	164	22

Tabla 5.31 Distribución de la fabricación para el conjunto 7R1.970.166/7

## 5.2. Configuración final de las instalaciones

Una vez diseñadas las instalaciones, lo único que queda es, como distribuirlas. Estas serán distribuidas, de manera que ocupen el mínimo espacio posible. Con ello se gana espacio libre, para posibles y futuras maniobras de reparación de los robots, es decir, espacio para que las carretillas puedan acceder con comodidad a las instalaciones y extraer de estas lo robots que tuvieran que ser reparados. Finalmente queda:

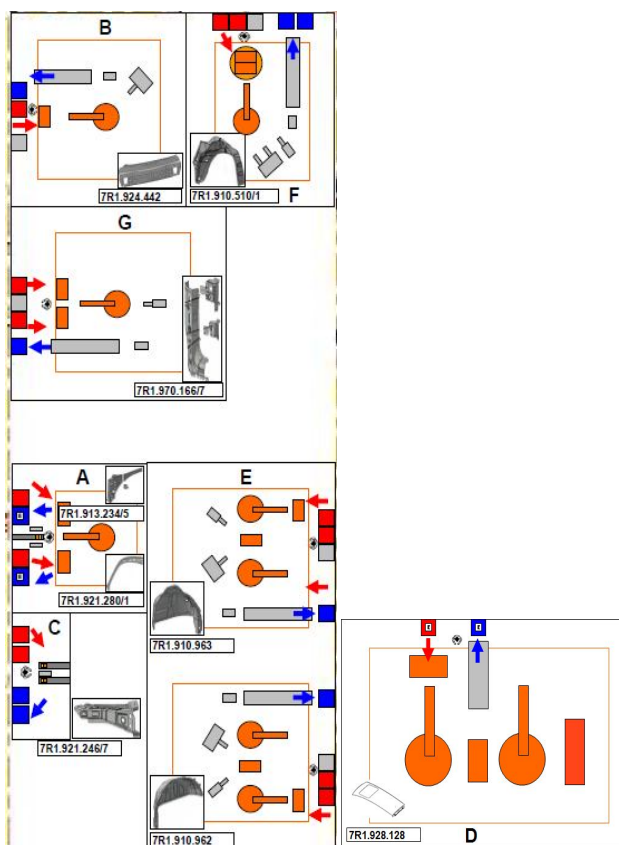


Figura 5.8 Composición y distribución de las instalaciones en la Fabrica-B

Esta es la distribución de las instalaciones dentro del espacio reservado (cuadros rojos de figura 4.1) en la fábrica a las mismas. Hay tres aspectos a destacar:

- La isla D, debido a que no necesita producir 350 piezas por día (siendo su producción variable e inferior a las 105 piezas al día) tiene un espacio apartado a unos 100 metros del resto de instalaciones. Las islas B y G son mas grandes de lo normal debido a que están en una zona donde hay columnas y donde las tomas de



corriente están algo alejadas como para colocar los robots mas centrados y ocupando menos sitio (paredes de metacrilato).

- La capacidad máxima de la fabrica B se establecería en 408 Coches/día (Ir Anexo-C)
- Se necesitan en total 18 operarios.

8 operarios turno de mañana (1 para cada instalación)

8 operarios turno tarde (1 para cada instalación)

2 operarios turno de noche (1 por cada uno de las 2 instalaciones que funcionan)

- Los tiempos, así como sus procesos, son simplemente referencias teóricas, estos deberán ajustarse una vez se tengan las instalaciones montadas. (si es que se llegan a construir).

Llegados a este punto, ya se tiene definido: los procesos de cada una de las piezas, el tiempo ciclo de cada una de ellas. No obstante, se ha de tener en cuenta, que para que una fábrica sea competitiva debe funcionar bajo una filosofía LEAN-Manufacturing. Para ello, una de las reglas que se debe cumplir es que las instalaciones no se paren debido a la falta de material, es decir, que haya **siempre un flujo continuo de material** tanto entrante como saliente, sin provocar despilfarros de material, ni que haya un pulmón enorme e innecesario de material con la consiguiente posibles pérdidas de espacio, material, etc.

Por ello en el capítulo-7 (y parte del capítulo-6), se procederá al estudio logístico tanto del llevado de las partes que componen los conjuntos que construyen (suelan) las instalaciones, como de la salida de los conjuntos hacia la Fábrica A.

Sin embargo, cabe remarcar, que debido a la filosofía LEAN-Manufacturing de supermercados que se pretende aplicar en la fabrica (en el capítulo-6 y 7 se explicará con mas profundidad en que consiste), la manipulación de pesos por parte de los operarios jugará un factor clave. Como bien se sabe, la manipulación de pesos es un tema que desde siempre ha preocupado a los operarios y trabajadores en general debido a les lesiones permanentes que estas manipulaciones provocan empeorando la calidad de vida. No así, a los dueños y “jefes” de las fábricas que lo único que miraban antiguamente era que el operario trabajara como una maquina.



Sin embargo, actualmente, hay una gran sensibilidad en cuanto a **ergonomía**, ya que el hecho de que los trabajos sean ergonómicos, consigue que los operarios no tengan lesiones y a la larga que estos no se den de baja, evitando así pérdidas económicas en nuevas contrataciones, pagas por baja, etc. Por todo ello, en el siguiente capítulo y debido a que en los supermercados el trabajo del operario levantando y moviendo pesos con las manos es constante, se estudiará los pesos máximos que puede manipular un operario de forma que el trabajo sea ergonómico. Estos pesos máximos, indicará indirectamente (ya que esto también depende de los tiempos de ciclo/coche de los conjuntos) el número de MC's que podrá manipular como máximo y como consecuencia, en el capítulo-7 se podrá determinar los tiempos máximos que el trabajador (o trabajadores) dispondrán para la manipulación de pesos.

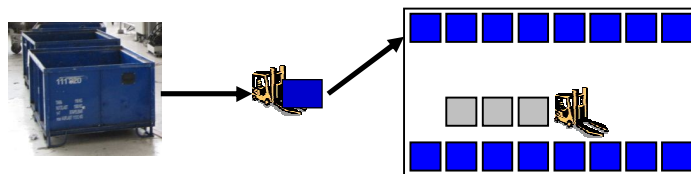


## 6. Ergonomía

### 6.1. Premisas

Debido a que se pretende que todas las instalaciones tengan un flujo continuo siguiendo una filosofía LEAN-Manufacturing, las diferentes piezas a soldar que entran en la fábrica proveniente del proveedor (placas, tornillos, tuercas,...) son dispuestas o bien en pulmones (piezas demasiado grandes para un MC) o una zona reservada llamada “supermercado” (piezas que cabrán en un MC). En este “supermercado” se dispondrían no solo las piezas a trabajar del futuro modelo sino que también se dispondrán en la actualidad, las piezas y demás elementos de los otros modelos que se fabrican.

De hecho, se aprovecha el estudio de este proyecto para la creación de un “supermercado” en la Fábrica B (el supermercado será implementado en la fábrica para el resto de piezas del resto de modelos independientemente de si los 9 conjuntos del modelo AC-157 son adjudicados a la Fábrica B o no). El concepto del supermercado **consiste en aprovisionar en una zona específica (calles), señalizada** de la fábrica (mediante carteles) y de manera ordenada, todas aquellas piezas que son suficientemente pequeñas como para ser transportadas en MC's desde el supermercado a las instalaciones (recordar que los “MC's”, - siglas de mini contenedor- son unos recipientes de plástico con unas medidas de 25cm x 35cm x 10cm, por tanto se considera pieza pequeña, aquella que cabe en un MC). Estas piezas, las cuales poseen de una calle para cada clave, descansan en contenedores universales (contenedores metálicos de 180cm x 120cm x 60cm) los cuales son traídos por el proveedor en camiones, y estos transportados con carretillas al supermercado.



*Figura 6.1 Descriptivo del colocado de contenedores universales en el supermercado*

Finalmente estas piezas pequeñas son transportadas en MC's mediante un tren (conducido por un operario) formado de una carretilla tractora con 3 vagones hechos de trilogic (a partir de ahora se llamarán vagones-trilogic), el cual se desplaza desde el supermercado hasta las instalaciones, en donde se dejarán los MC's. Estos, irán llenos de piezas provenientes de los contenedores universales del supermercado, con la cantidad de piezas exacta que

indique la tarjeta “Kanban” del MC (Tarjeta que indica el número de piezas de una clave en concreto con la que se debe llenar el MC).



Figura 6.2 Descriptivo tren de vagones-trilogic con MC's

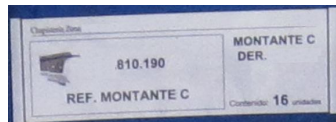


Figura 6.3 Ejemplo Tarjeta Kanban

Dicho **tren** **realizará un circuito cerrado y cíclico**, pasando por todas las instalaciones de la fábrica, el cual tardará en realizar el recorrido en un tiempo determinado (mas adelante de determinará este tiempo).

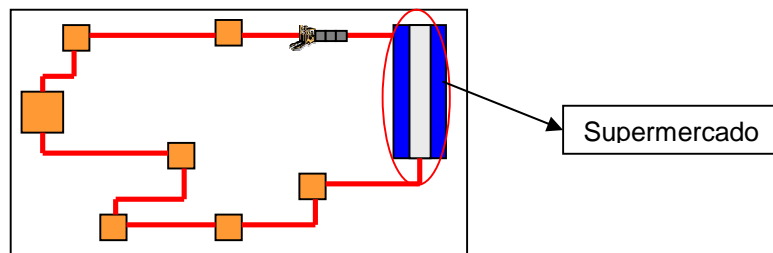


Figura 6.4 Ejemplo circuito que realizará el tren de vagones-trilogic

Queda claro pues, que con el fin de que el flujo sea continuo y sin interrupción (bajo ningún concepto el flujo se puede romper, quedando las instalaciones sin material), se debe de realizar el cálculo de aprovisionamiento de las instalaciones, teniendo en cuenta los diferentes factores (tiempo de desplazamiento del tren, tiempo de manipulación de los contenedores por parte de los operarios...) con el fin de tener todo el proceso controlado y sincronizado. Dicho de otra manera se deberá calcular el tiempo en que se tarda en hacer el circuito. No obstante como se vera en el capítulo-7 (logística) estos tiempos, dependerán en gran parte del tiempo de manipulado de las piezas y el numero de MC's que el operario deberá llenar. Por lo tanto este cálculo quedara para más adelante.

Hay que tener en cuenta también, que el operario que conduzca el tren también deberá manipular pesos, ya que será el encargado también de llenar los MC's y de colocarlos en el vagón-trilogic y más tarde de descargarlos en las estanterías-trilogic de la instalación (estanterías hechas con trilogic que descansan en las instalaciones). Por lo tanto se hará especial **sensibilidad al tema ergonómico**. Por ello a continuación, se estudiará con



atención los diferentes aspectos ergonómicos a tener en cuenta, con el fin de obtener los pesos, posiciones de manipulación...

## 6.2. Establecimiento de parámetros

Se parte de las premisas iniciales de que hay un gran desconocimiento en como tratar este tema. Se sabe, que los sindicatos, en su día pactaron unos tiempos de descanso, una posiciones de trabajo “prohibidas” (como por ejemplo tener que trabajar agachado o aguantar las piezas con las piernas para poderlas soldar manualmente...).

Sin embargo, hay un gran desconocimiento en cuanto: el peso máximo de levantamiento, el peso máximo total acumulado, y el como manipular los pesos (brazos estirados o no, a que altura...). Por lo tanto, se procede a obtener los documentos relativos a ergonomía que en su día redactó el Ministerio de Trabajo e Inmigración de España [1]. Este documento viene a explicar de forma muy resumida los siguientes puntos:

### 6.2.1. Definición del peso teórico a levantar

Lo primero que se debe hacer, es definir el peso teórico máximo que el operario podrá levantar de cada vez. Este peso máximo teórico vendrá definido, por las zonas de trabajo. Cada zona de trabajo dispone de un peso máximo definido por el Ministerio.

A continuación, se observa cuales son los pesos máximos teóricos que se pueden levantar según la zona.



Figura 6.5 Pesos máximos por zonas [1]

En efecto, no es lo mismo, levantar un peso (o cargar con él) a la altura del ombligo (según el ministerio se puede cargar de esta forma 25 kilos teóricamente) que cargar con estos con los brazos estirados (en dicho caso solo se podrían llevar 7kg). Dicho esto queda analizar, como trabajará el operario para poder saber cuales son las zonas en las que moverá los MC's. Por lo tanto, a continuación se definirá el proceso de llenado y dejado de MC's con el

fin de tener un proceso estandarizado, así como también para conocer y definir las zonas de trabajo (es decir, por que zonas del cuerpo se moverá el MC's con las piezas).

#### 6.2.1.1. Proceso de llenado y dejado de MC's

Paso-1: Llevar el tren al supermercado y acercar el tren de vagones-trilogic hasta que el/los vagones-trilogic estén situados justo delante de los contenedores del supermercado (distancia de 60 centímetros). El vagón que contenga el MC's que se desee/n llenar, se situara justo enfrente del contenedor universal que contenga las piezas con las que se deseen llenar dicho/s MC's. Tanto los contenedores universales del supermercado, como los MC's de los vagones trilogic, dispondrán de una posición fija (en supermercado y vagón-trilogic respectivamente) con el fin de que el proceso sea rígido, pudiendo así colocar siempre el vagón-trilogic que posea una pieza 'x' delante del contenedor universal, haciendo que el proceso sea ordenado.

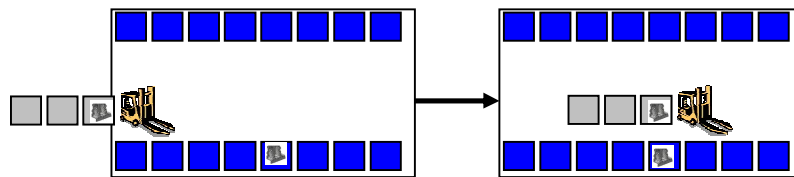


Figura 6.6 Llegada y posicionamiento tren de vagones trilogic delante supermercado

Paso-2: Coger MC vacío del tren de vagones-trilogic. Este MC vacío se cogerá situándose el operario delante de el y en ningún momento girando o doblando el tronco así como tampoco estirando los brazos (si debiera agacharse, esto lo haría flexionando rodillas con tronco recto). Una vez que tenga en las manos el MC realizará un giro de 180° con el fin de situarse enfrente del contenedor universal. Este giro se realizará sin girar ni doblar el tronco así como tampoco estirando en ningún momento los brazos.

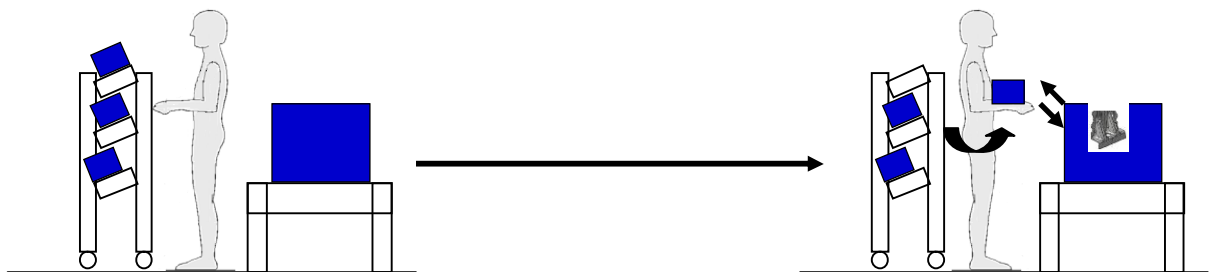


Figura 6.7 Llegada y posicionamiento tren de vagones trilogic delante supermercado [1]

Coger las piezas del contenedor universal y hacer el llenado del MC (tantas piezas como indique su tarjeta Kanban correspondiente) de forma que estas, estén colocadas de la manera que indica la foto de la tarjeta Kanban identificativa, que es como se colocaran en el robot (filosofía "one touch, one motion").





Imagen 6.1 Demostración filosofía 'one touch, one motion'

Una vez lleno el MC, este se levantará **sin girar ni doblar el tronco en ningún momento. Se realizara un giro de 180°** depositando el MC en el vagón-trilogic. En **ningún momento** de este proceso **se estirara los brazos (tríceps tocando al cuerpo)**. Hay que destacar que el vagón trilogic, estará diseñado, de forma y manera que los pisos (tres pisos) de este, estarán inclinados, para que el MC se coloque al final de manera automática. Los vagones-trilogic llegarán al supermercado, "al revés" (como se ve en figura 6.7), para que el MC se coloque al principio del vagón-trilogic.

Paso-3: Repetir Pasos 1 y 2 hasta tener todos los MC's de los vagones-trilogic llenos.

Paso-4: Llevar el tren hasta la/s instalación/es donde se desee/n descargar los MC's. Se acercará el tren con los vagones-trilogic hasta 60 centímetros de la estantería trilogic de la instalación. El vagón-trilogic que contenga los MC's con las piezas que necesita la instalación, se situará justo enfrente del trilogic de la instalación.

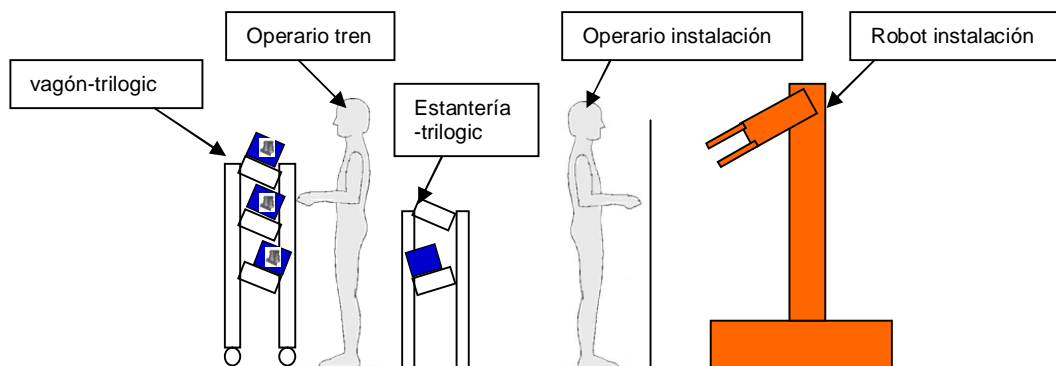


Figura 6.8 Llegada y descarga de MC's del vagón-trilogic a la estantería-trilogic instalación [1]

Se observa como ahora el vagón trilogic queda puesto al contrario que en figura 6.7 para que la descarga sea más fácil. Los MC's, llevan tarjeta "Kanban" tanto delante del MC por detrás.

Paso-5: Coger MC's llenos del vagón-trilogic y dejarlos en la estantería-trilogic de la instalación con el mismo procedimiento y filosofía (giros, brazos...) explicada en el paso-2.

**Paso-6:** Coger los MC's vacíos del piso inferior de la estantería-trilogic de la instalación y dejarlos en el vagón trilogic (del tren) con el mismo procedimiento y filosofía que en paso-2 (giros, brazos...).

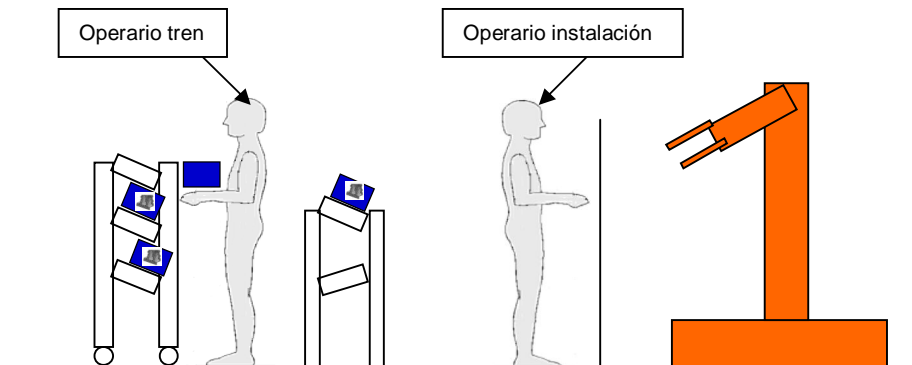


Figura 6.9 Dejado de MC's vacíos de la estantería-trilogic a vagón-trilogic [1]

Notar como el operario del tren, ha dejado los MC's llenos, en el piso de arriba de la estantería-trilogic, y se ha llevado los vacíos, del pisos inferior de la estantería trilogic. En efecto, la estantería-trilogic dispone de dos pisos: en el superior están los MC's con piezas llenas, las cuales están a mano del operario de la instalación. En el piso inferior, el operario de la instalación va dejando los MC's del piso superior que se van vaciando

**Paso-7:** Repetir pasos 4-5-6 para resto de instalaciones hasta tener el tren sin MC's llenos.

**Paso-8:** Volver al Paso-1

#### 6.2.1.2. Zonas de trabajo

En el apartado 6.2.1.1 quedó explicado y definido el proceso de carga, descarga y manipulación de MC's. Sin embargo hay que definir también las zonas de trabajo. Si se observa atentamente las figuras 6.7, 6.8 y 6.9, así como las explicaciones del anterior apartado, se llega a la conclusión que las zonas de trabajo se sitúan en las siguientes zonas del cuerpo:

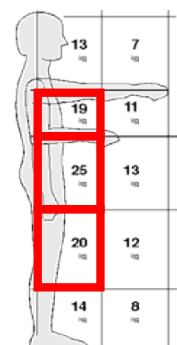


Figura 6.10 Zonas de manejo de los MC's [1]



En estos momentos, se puede decir, que ya se tienen las zonas de trabajo definidas así como sus pesos teóricos máximos. Sin embargo, queda la duda de saber cual de los tres escogemos. En este aspecto el documento del ministerio dice textualmente:

*“Cuando se manipulen cargas en más de una zona se tendrá en cuenta la más desfavorable, para mayor seguridad. Los saltos de una zona a otra no son bruscos, por lo que quedará a criterio del evaluador tener en cuenta incluso valores medios cuando la carga se encuentre cercana a la transición de una zona a otra” [1]*

Dicho de otra manera, cuando haya varias zonas (y por tanto “pesos”) se cogerá aquella con el peso más pequeño. Por lo tanto en este caso:



Figura 6.11 Selección de la zona más desfavorable [1]

Quedará definido como **peso máximo teórico: 19 Kg**

### 6.2.2. Definición del peso real máximo (4 coeficientes)

El peso teórico ya ha sido establecido, no obstante, queda preguntarse si este peso teórico será el peso que se tendrá en cuenta, es decir si es el peso máximo que se levantara en la realidad. Si se sigue leyendo el documento del Ministerio se observa que este peso máximo deberá multiplicarse por 4 coeficientes, que son:

Los 4 coeficientes:

F.C. vertical: Factor de corrección desplazamiento vertical

F.C. giro: Factor de corrección de giro

F.C. agarre: Factor de corrección de agarre

F.C. frecuencia: Factor de corrección frecuencia.

Por lo tanto, si se expusiera esto en una tabla, se tendría lo siguiente:



## PESO FINAL DE UN MC (Kg)

PESO TEORICO	F.C. VERTICAL	F.C. GIRO	F.C. AGARRE	F.C. FRECUENCIA	PESO FINAL MAX
19					

Tabla 6.1 Establecimiento de los 4 coeficientes

Por lo tanto queda por establecer los 4 coeficientes, con el fin de obtener el peso final máximo. Así pues, se estudiara a continuación cada uno de ellos detenidamente:

**6.2.2.1. F.C. vertical**

El texto del Ministerio dice resumidamente que el factor de corrección vertical depende del desplazamiento vertical de una carga, el cual es la distancia que recorre la carga desde que se inicia el levantamiento hasta que finaliza la manipulación. Obviamente, en el levantamiento de MC's, hay varios desplazamientos verticales: del vagón del tren a la estantería- trilogic de la instalación, del contenedor universal al vagón trilogic...

Por lo tanto como solo se puede tener en cuenta una distancia (o mas bien un recorrido) por lo tanto, se considerará aquella que sea la más grande, con el fin de que el coeficiente sea los mas pequeño y por tanto el peso máximo final sea el mas pequeño posible.

Como se observa en la figura 6.7, la distancia más grande, será aquella que comprende el punto mas bajo del contenedor universal (cuando este esta vacío) y el punto mas alto del vagón-trilogic. Esta diferencia de altura es inferior a los 100cm (de rodillas a pecho). Viendo la siguiente tabla del Ministerio se determina que:

Desplazamiento vertical	Factor corrección
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0,91
Hasta 100 cm	0,87
Hasta 175 cm	0,84
Más de 175 cm	0

Tabla 6.2: F.C vertical [1]

Por lo tanto, el F.C vertical será: **0,87**

**6.2.2.2. F.C. giro**

En cuanto al F.C giro, este se define como el giro que realiza el tronco del cuerpo el cual viene determinado por el ángulo que forman las líneas que unen los talones con la línea de



los hombros (mas bien la proyección de esta línea, al suelo). A continuación se muestra el significado con una imagen:

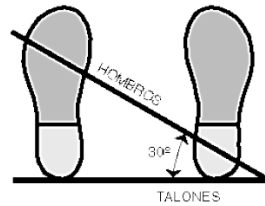


Figura 6.12 Ejemplo de giro de tronco de 30° [1]

Por lo tanto, según los grados de giro que se realicen con el tronco, se deberá aplicar un coeficiente corrector al peso máximo real que se manipule. Véase a continuación la siguiente tabla:

Giro del tronco	Factor de corrección
Poco girado (hasta 30°)	0,9
Girado (hasta 60°)	0,8
Muy girado (90°)	0,7

Tabla 6.3 F.C giro [1]

En este caso, no se coge/aplica ningún coeficiente corrector de la tabla, ya que como se ha expuesto anteriormente, el proceso de cargar de MC's, descargar... se realiza en todo momento sin girar el tronco del cuerpo.

Por lo tanto, el F.C de giro será: 1

### 6.2.2.3. F.C. agarre

Este coeficiente depende del tipo de agarre que tenga el MC. Según el Ministerio, existe tres tipos de agarres para una caja: bueno, regular y malo. A continuación se verán la forma de estos tipos de agarre.



Agarre bueno



Agarre regular



Agarre malo

Figura 6.13 Tipos de agarre [1]

Para cada tipo de agarre, corresponde a un coeficiente. Como viene siendo ya habitual, se escogerá un coeficiente de los mostrados en la siguiente tabla.

Tipo de agarre	Factor de corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0,95
Agarre malo	0,9

Tabla 6.4 F.C. agarre

En este caso, puesto que el MC tiene un pliegue interior para que sea cogido, como si fuera cogido desde abajo, se considerará que el agarre será de tipo regular.

Por lo tanto, el F.C de agarre será: **0,95**

#### 6.2.2.4. F.C. frecuencia

Desde siempre se sabe, que a la hora de estudiar la ergonomía en un levantamiento de un peso, no solo se debe tener en cuenta el esfuerzo explosivo (masa absoluta del MC en este caso) sino que también la fatiga, es decir, el numero de repeticiones (o dicho de otra forma, el numero de veces que un mismo operario en un turno, mueve los distintos MC's). Entonces, como en las anteriores veces, lo que hace falta hacer es dirigirse a la correspondiente tabla e identificar cual el coeficiente que le corresponde. Echando un vistazo a la tabla 6.5, se nota que los coeficientes dependen de la frecuencia de manipulación (levantamientos por minuto) y del numero de horas trabajo del operario al día.

De momento, sabemos que un mismo operario realizará los trabajos relativos al supermercado (conducción del tren, carga de los MC's...) durante un turno de trabajo, es decir durante 8 horas en un día (de hecho menos, puesto que habría que considerar las dos pausas de 15 minutos cada una de las que dispone). Esto es así, ya que en la fabrica se trabaja en 3 turnos (como máximo, si hay producción) y por tanto habrá un operario diferente según el turno el cual se hará cargo de todas las tareas del supermercado.

Dicho esto, queda por calcular la frecuencia de manipulación de las piezas. Para ello se tendrá que considerar tanto las piezas del **modelo AC-157 como las piezas de los otros modelos**. Para ello se debería saber el numero de MC's que se manipularían en 8h. Puesto que esto de momento no es posible saberlo, ya que el numero de MC's desplazado en 8h depende precisamente del peso del MC (y este es el que se esta buscando) lo que se hará, **será hacer una hipótesis: Se moverán 2 MC's / minuto**

Frecuencia de manipulación	Duración de la manipulación		
	< 1 h/día	>1 h y < 2 h	> 2 h y ≤ 8 h
	Factor de corrección		
1 vez cada 5 minutos	1	0,95	0,85
1 vez/minuto	0,94	0,88	0,75
4 veces/minuto	0,84	0,72	0,45
9 veces/minuto	0,52	0,30	0,00
12 veces/minuto	0,37	0,00	0,00
> 15 veces/minuto	0,00	0,00	0,00

Tabla 6.5 F.C. frecuencia



Observando la tablas, vemos que no se tiene el dato para 2 MC's por minuto. Haciendo la conclusión de que el coeficiente va aumentando de forma lineal, se llega a la siguiente conclusión:

F.C frecuencia será: **0,65** (sacado de hacer una regla de tres)

#### 6.2.2.5. Peso real de un MC

En estos momentos ya podemos determinar el peso máximo de un MC. Por lo tanto el peso máximo real de un MC será:

PESO FINAL DE UN MC (Kg)					
PESO TEORICO	F.C. VERTICAL	F.C. GIRO	F.C. AGARRE	F.C. FRECUENCIA	PESO FINAL MAX
19	0,87	1	0,95	0,65	10,21

Tabla 6.6 Peso real MC

Así pues el **peso real máximo de un MC** será de: **10,21 Kg**

Ya tenemos el peso final de un MC calculado. No obstante, la pregunta es saber si este peso es suficiente, a la hora de realizar (en el capítulo-7), los cálculos de tiempos. Si se sigue leyendo el documento del ministerio se lee que todavía falta un dato: La fatiga absoluta. Esta se calculara en el siguiente apartado.

#### 6.2.3. Fatiga absoluta

La fatiga absoluta no es más que la carga acumulada diariamente en un turno de 8 horas, en función de la distancia de transporte (para cada MC), la cual no deben superar los de la siguiente tabla:

Distancia de transporte (metros)	kg/día transportados (máximo)
Hasta 10 m	10.000 kg
Más de 10 m	6.000 kg

Tabla 6.7 Peso máximo transportado al día

Vemos que en la anterior tabla se ha seleccionado: **10000kg/día** transportados por día

Se ha seleccionado este valor, ya que cada MC será desplazado menos de diez metros (se entiende que el operario lo desplazará menos de diez metros). De hecho es así, ya que a pesar de que el operario desplazará dos veces un MC: cuando lo mueve del contenedor universal al vagón trilogic y cuando lo descarga del vagón-trilogic a la estantería-trilogic de la

instalación, en ambos casos el operario no se mueve mas de un metro (recordemos que simplemente lo que hace dar un giro de 180°). Por lo tanto se escoge el valor dicho anteriormente.

#### 6.2.4. Resumen

Llegados a este punto, ya se puede realizar los cálculos de tiempos logísticos teniendo en cuenta las siguientes restricciones que se acaban de obtener:

- a)- Peso de un MC: 10,21Kg como máximo**
- b)- Peso máximo acumulado inferior a 10000 Kg por turno/persona**
- c)- 4 MC's como máximo para cada clave por cada ronda/circuito que realiza el tren.**
- d)- Los operarios de los supermercados serán hombres y habrá un operario diferente por día y turno, completando una semana que será cíclica (habiendo en total 15)**

La restricción 'c' no es fruto de una norma sino del sentido común. El objetivo del supermercado es obtener un sistema dinámico de abastecimiento a las instalaciones de manera que el flujo de piezas a éstas, sea sin interrupciones. Por lo tanto, si una clave para ser transportada necesita más de 4 MC's para cada circuito/ronda que realiza el tren de vagones-trilogic, se considera que este proceso no es ni dinámico ( ya que aumenta mucho los tiempos) ni ergonómico, puesto que a pesar de que la pieza sea lo suficientemente pequeña como para ser transportada en MC a lo mejor, ésta, es demasiado densa, haciendo que no sea muy factible el transporte en MC's de ésta (además de que no caben mas de 4 MC's de una misma clave en un carril del vagón-trilogic, debido a las dimensiones de este). Por lo tanto aquellas piezas, que no cumplieran esta restricción serian tratarán como las piezas grandes (Techos, parachoques...), es decir, llevados directamente al mini pulmón que está al lado de la instalación.

La restricción 'd', es un añadido desde el sentido común, con el fin de garantizar que no hayan lesiones. Así pues, a parte de que siempre serán hombres, se hará una tabla de horarios de los operarios que trabajarán en el supermercado. Por lo tanto habrá un operario que siempre trabajará los lunes en el turno de mañana, otro los lunes en el turno de tarde, así sucesivamente hasta completar con quince operarios diferentes, los 5 días de la semana y los tres turnos de cada día. Estos 15 operarios irán repitiendo en todas las semanas del año en el mismo orden que indica la tabla. (cada operario tendrá siempre asignado un turno y un día de la semana). Dicho todo esto, y conociendo las restricciones de peso y cantidad



de MC's, se procede a realizar los cálculos del número de piezas que caben en un MC, tanto para las piezas de los conjuntos del AC-157 como de los otros modelos de la Fábrica.

### **6.3. Establecimiento número piezas por contenedor para el AC-157 y otros**

Ya se tiene lo que debe pesar un MC: 10,21kg. También se ha obtenido el peso máximo que se puede levantar al cabo del día: 10000kg. No obstante, falta calcular la frecuencia de aprovisionamiento (es decir, cuánto tiempo dispone el tren con vagones-trilogic para realizar el circuito de todas las instalaciones de la fábrica).

Sin embargo, para calcular esta frecuencia de aprovisionamiento, se necesita tener en cuenta varios factores. Uno de ellos es el número de piezas de cada clave que pueden ir en cada MC. (El resto de factores se estudiarán en el capítulo-7).

Se necesita saber, cuántas piezas caben en cada MC, tanto de los modelos ya existentes como los del AC-157. Para saber cuántas piezas caben en un MC de los modelos ya existentes, es suficiente con coger estas piezas, e ir probando cuántas caben como máximo teniendo en cuenta dos restricciones:

- **El MC (piezas+el propio MC) no pueden superar los 10,21 Kg.**
- **Las piezas no pueden salirse del MC.**

Así pues, con la ayuda de una báscula digital, se van viendo para los modelos existentes, cuántas piezas caben en un MC, para cada tipo de pieza. Decir que los resultados de la cantidad de piezas en cada MC para los modelos ya existentes, solo son relevantes a nivel de tiempo. En el siguiente capítulo-7, se mostrará cuánto tiempo supone esto. Por lo tanto, no se mostrará ninguna tabla con los resultados para los modelos ya existentes, puesto que el proyecto se centra en el AC-157.

El problema llega cuando se requiere realizar el mismo cálculo para las piezas del AC-157, puesto que no se dispone de ellas físicamente. Afortunadamente, se dispone en los planos de los pesos de éstas, y en la fábrica se dispone de algunas piezas que son bastante parecidas (cabe recordar, que la Fábrica B está segura de que puede realizar los 9 conjuntos de forma más barata que la Fábrica A, puesto que en la fábrica realiza conjuntos bastante parecidos, o los realizó en el pasado). Así pues se obtiene la siguiente tabla.

Nº	CLAVE (CONJUNTO)	CLAVE PIEZA	PESO PIEZA(Kg)	PIEZAS/MC (TEORICAS)		PIEZAS/MC (REALES)		PESO (Kg) KLT+PIEZAS	
1	7R1.921.280/1	N.905.487.13	0,009	1014,14		1014		10,21	
		7R1.928.074/5	0,244	37,41	37,41	24*	24*	6,94	6,94
		7R1.910.678/9	0,196	46,57	46,57	46	46	10,10	10,10
		7R1.910.696/7	0,201	45,41	45,41	45	45	10,13	10,13
2	7R1.913.234/5	7R1.066.744	0,114	80,06		80		10,20	
		N.905.187.04	0,007	1303,90		1303		10,20	
		7R1.910.258/9	0,232	39,34	39,34	28*	28*	7,58	7,58
3	7R1.924.442	1J0.915.300	0,154	59,27		59		10,17	
		7R1.924.552	0,135	67,61		68		10,11	
		5N0.924.854	0,142	64,28		64		10,17	
4	7R1.921.246/7	N.021.267.6	0,010	886,14		890		10,20	
6	7R1.910.962	7R1.913.202	0,268	34,06		28*		8,58	
		7R1.913.458	0,140	65,19		65		10,18	
7	7R1.910.963	7R1.913.203	0,268	34,06		28*		8,58	
		7R1.910.459	0,140	65,19		65		10,18	
		7R1.913.795	0,028	325,97		325		10,18	
8	7R1.910.510/1	7R1.904.592/3	0,127	71,87	71,87	71	71	10,10	10,10
9	7R1.970.166/7	7R1.972.982	0,026	351,05		351		10,21	
		7R1.972.310/1	0,310	29,44	29,44	29	29	10,07	10,07
		7R1.974.304/5	0,304	30,02	30,02	30	30	10,20	10,20

Tabla 6.8 N° de piezas del AC-157 que caben en un MC, para cada clave.

Hay que destacar, que algunas cantidades van acompañadas de un asterisco. Esto significa, que ese es el máximo (estimable) de piezas que entran en el MC, a pesar, de que por peso, cabían más piezas. No obstante, al igual que en el capítulo-4, todos los datos, se deben verificar una vez que se tenga las piezas en la realidad. Así pues, queda establecido el numero de piezas que caben en un MC para cada clave (de las que caben en MC) tanto de los modelos antiguos (tabla que no existe por lo dicho anteriormente) así como las del AC-157 (tabla 6.8).

Decir también, que en aquellos conjuntos con mano izquierda y derecha (como por ejemplo 7R1.910.678/9) las celdas de resultados (es decir las celdas de “piezas en MC” y la de “pesos”), ha sido dividida en dos, para remarcar que, en este caso, caben “46” piezas de la mano izquierda (7R1.910.678) como “46” de la mano derecha (7R1.910.679). Y así para todos los conjuntos con mano izquierda y derecha. En el siguiente capítulo, se estudiarán los tiempos logísticos para todos los movimientos de material.



## 7. Logística

### 7.1. Introducción

En toda empresa, siempre se debe tener en cuenta como un punto principal, la logística. Esta es muy importante, con el objetivo de que los pedidos lleguen al destinatario así como también que los pedidos no se pierdan por el camino. También, es muy importante, para tener una buena organización y conocimiento del material que se dispone, del material que ha salido, etc.

En esta fábrica para todos los modelos que hace, así como para los futuros conjuntos del AC-157, hay que hacer especial atención a tres movimientos logísticos concretos.

- Entrada de las piezas a soldar con el fin de obtener los conjuntos
- Salida de los conjuntos de la Fabrica B, con su correspondiente traslado a Fabrica A.
- Circuito logístico que siguen las piezas del supermercado, dentro de la fábrica.

### 7.2. Entrada de las piezas a la Fábrica B

Aquí hay que destacar como ya se ha insinuado anteriormente, dos tipos de piezas: La que se pueden llevar en MC's, y las que no se pueden llevar en MC. Esta diferencia es importante puesto que el tratamiento de las mismas será diferente desde el punto de vista logístico.

#### 7.2.1. Piezas que no se pueden transportar en MC's

Estas piezas (que vienen en contenedores universales) serán transportadas directamente de los camiones, a los pulmones de las instalaciones e incluso directamente a las instalaciones si se dispusiera de espacio.

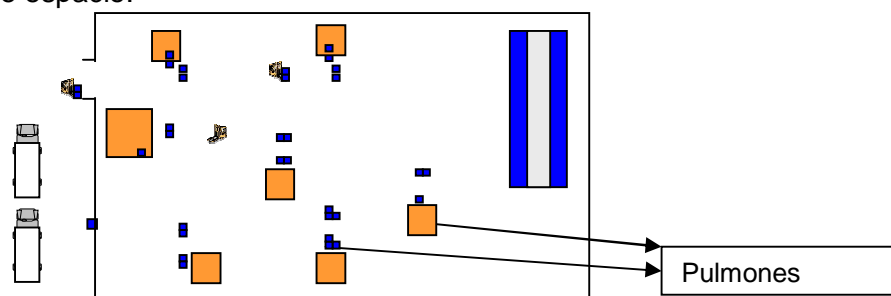


Figura 7.1 Representación de la llegada de los camiones con piezas



Como se observa en la figura 7.1 serían varios operarios con carretillas los que realizarían la operación. Ahora quedaría calcular, el tiempo que se tarda en realizar esta operación y cuantas veces por día se realiza. Este tiempo (el de los operarios con carretilla), debe ser imputado unitariamente a la pieza, tiempo el cual se debería tener en cuenta a la hora de calcular el coste unitario del conjunto. Sabiendo que se necesitan de unos 2 minutos para transportar un contenedor universal del camión al pulmón y que de media un contenedor universal lleva 500 piezas, obtenemos:

$$2/500 = 0,004 \text{ min} = 0,24 \text{ seg}$$

(Ecuación 7.1)

Como se sabe, un tiempo que un tipo de operario le dedica a un conjunto/pieza, es un coste, que se debe imputar al conjunto/pieza. En el capítulo-11 se verá como afecta este tiempo al coste de las piezas y por consiguiente, de los conjuntos

### 7.2.2. Piezas que se pueden transportar en MC's

Estas piezas (que también vienen en contenedores universales) serán transportadas directamente de los camiones, al supermercado. Este tiempo, es de las mismas características que el calculado en Ecuación 7.1, por lo tanto este tiempo será por pieza de 0,24 segundos.

## 7.3. Salida de los conjuntos de la Fabrica B

En este punto se deben tener en cuenta dos tipos de “salidas”, la de los conjuntos, de la fábrica al exterior, y del exterior a la Fábrica A.

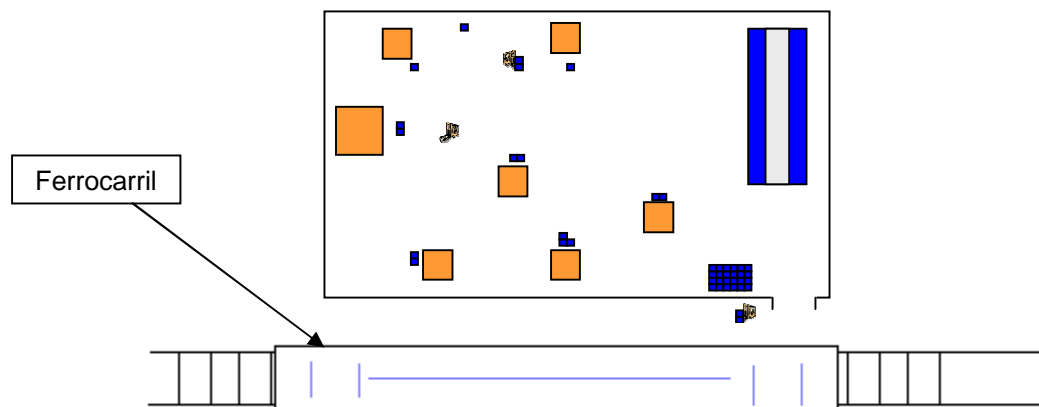
### 7.3.1. De la instalación a expediciones

Los conjuntos, (tanto de los modelos existentes, como del futuro modelo AC-157) una vez que se van llenando los contenedores, y que van pasando los controles de calidad, se van colocando en un pulmón de salida (es decir un sitio reservado para las expediciones de la fábrica). Para el cálculo de tiempo, se utilizará la misma filosofía que en apartado 7.2.1, solo que ahora se sabe que un contenedor lleva de media 100 conjuntos, y que se tarda 1 minuto en realizar la tarea, luego extrapolando ecuación 7.1 se tiene que el tiempo a **imputar a los conjuntos (unitariamente)** es de **0,6 segundos**.



### 7.3.2. De expediciones a la Fábrica A

Una vez que los conjuntos estén listos y después de recibir la correspondiente orden del departamento de planificación, estos serían introducidos dentro de los vagones del ferrocarril, esto se realizaría así para los nueve conjuntos del AC-157, como en la actualidad se hace para los conjuntos ya existentes de la Fabrica B. En efecto, la Fabrica B esta unida con la Fabrica A mediante una línea de ferrocarril. Estas disponen de un ferrocarril, que transporta las piezas de la Fabrica B a la A (separadas de 20 Km), el cual es de alquiler. En el capítulo-6 se explicara como afecta esto al coste de las piezas. El tiempo a imputar por conjunto es de **0,6 segundos**. (La filosofía es misma que en apartado 7.3.1)



*Figura 7.2 Llenado del ferrocarril con conjuntos*

### 7.4. Circuito logístico de las piezas que van al supermercado

Las piezas que son suficientemente pequeñas como para caber en un MC, tienen el tratamiento especial (explicado en el capítulo-6) en cuanto a carga de piezas en los MC's, traslado en tren con vagones-trilogic....

Sin embargo, quedaba por determinar, el tiempo que se dispondría para realizar el circuito. Para el cálculo del tiempo que dispondrá el operario para completar el circuito se deberán tener en cuenta los siguientes tiempos:

- Tiempo que tarda el operario en meter una pieza del contenedor universal (que descansa en el supermercado) al MC. (Este tiempo es diferente según el tamaño de la pieza como luego se vera mas adelante).

- Desplazamiento del operario desde el tren de vagones-trilogic a los contenedores universales y de los contenedores universales al vagón trilogic. Desplazamientos del tren de vagones-trilogic a lo largo del supermercado.
- Tiempo que tarda en desplazarse la carretilla tractora del supermercado a una instalación, y de esta a la siguiente....hasta cerrar el circuito.
- Tiempo que tarda el operario en coger un contenedor lleno del vagón trilogic y depositarlos en la estantería-trilogic. Tiempo que el operario utiliza en coger el MC vacío de la instalación y depositarlo de nuevo en el vagón-trilogic.

Hay que destacar que estos tiempos serán multiplicados por el numero de veces que realice una misma operación, por ejemplo: si un operario tardase 2 segundos en coger una pieza del contenedor universal y depositarlo en el MC y tuviera que meter en el MC 15 piezas, el tiempo de llenado de un contenedor sería de 30 segundos, y este sería el tiempo a tener en cuenta a la hora de calcular el tiempo del que dispondrá el operario para realizar el circuito. A este tiempo, debido a imprecisiones que se verán mas adelante, se le añadirá un **5% adicional como margen de error** (para el llenado de MC), debido que es la primera vez que se hace algo como lo de los supermercados y no se tienen referencias reales. Llegados a este punto se procede a calcular los diferentes tiempos de los procesos asociados.

#### 7.4.1. Tiempo de llenado de un MC

Para calcular este tiempo se debe tener en cuenta el tamaño de las piezas, ya que no es lo mismo llenar el MC con una pieza que cuesta de meter en el MC debido a sus dimensiones, que una pieza que cabe sin ningún problema. Por ello, se clasifican las piezas capaces de entrar en un mini contenedor en tres categorías:

Categoría-A: Dimensiones inferiores a 2 cm x 5 cm x 0,5 cm (tornillos, tuercas, placas...)

Categoría-B: Dimensiones inferiores a 7 cm x 14 cm x 3 cm

Categoría-C: Dimensiones superiores a 7 cm x 14 cm x 3 cm (hasta limite dimensional MC)

Una vez definidas las categorías, es necesario de saber el tiempo unitario de llenado (es decir lo que tarda el operario en meter una pieza en el MC). Como ya se ha dicho, este tiempo de llenado dependerá de la categoría de la pieza. Cabe decir también, que calcular el tiempo de llenado de una sola pieza es muy relativo, dado que es del orden 2 o 3 segundos.



También hay que tener en cuenta de que habrá operarios que se den mas prisa que otros. Por ello el protocolo para calcular este tiempo unitario será el siguiente:

Paso-1: Se escogen tres operarios al azar (2 hombres y una mujer de diferentes alturas).

Paso-2: Se escoge uno de ellos (de los que todavía no haya realizado el proceso de cronometraje) y se le pide que llene un MC con 24 piezas de la Categoría-A.

Paso-3: Se cronometra.

Paso-4: Se le pide al mismo operario que repita la operación de llenado pero con 24 piezas de la Categoría-B y se le cronometra

Paso-5: Se repite paso-4 pero con 24 piezas de la Categoría-C.

Paso-6: Se vuelve a paso dos, hasta que no quede ningún operario por cronometrar.

Una vez realizado todos los cronometrajes, se construye una tabla con todos los datos, con el fin de obtener los valores unitarios de llenado. Finalmente se obtiene la siguiente tabla:

<b>TIEMPOS DE LLENADO PARA 24 PIEZAS (min)</b>				
Operario	Intento	Categoría-A	Categoría-B	Categoría-C
Operario 1	Intento-1	0,061	0,310	0,433
	Intento-2	0,058	0,285	0,421
	Intento-3	0,061	0,338	0,400
	Media	0,060	0,311	0,418
Operario 2	Intento-1	0,051	0,302	0,426
	Intento-2	0,058	0,307	0,402
	Intento-3	0,050	0,297	0,426
	Media	0,053	0,302	0,418
Operario-3	Intento-1	0,051	0,287	0,401
	Intento-2	0,054	0,274	0,407
	Intento-3	0,052	0,264	0,383
	Media	0,052	0,275	0,397
<b>Media absoluta</b>		<b>0,055</b>	<b>0,296</b>	<b>0,411</b>

*Tabla 7.1 Media de tiempos de llenado MC's con 24 piezas de diferentes categorías*

Para estos resultados cabe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Algunas de las piezas de Categoría-A no son mas que turcas y tornillos de dimensiones del orden de milímetros. Por lo tanto, estos no son puestos en el mini-contenedor de uno en uno sino con la ayuda de una pequeña pala en la cual caben aproximadamente 24 piezas (de ahí que se coja este número como referencia). Obviamente no siempre en la pala habrá 24 tuercas o tornillos. Como muchas veces será necesario introducir mas de 200 tornillos o tuercas y calcular esto es muy difícil,

dentro del MC habrá una marca roja que indicara hasta donde hay que llenar el MC sin preocuparse de ir contando los tornillos o tuercas (la marca será como un poka-yoke).

- Las piezas pequeñas del modelo AC-157 que se pretendan transportar con la técnica de los supermercados, no están todavía disponibles puesto que el proyecto esta pendiente de adjudicación. Lo único que se tienen son las medidas en los planos. De modo que ya se saben a priori que piezas serán transportadas a las instalaciones mediante esta técnica de supermercados. Como esta técnica de supermercados se pretende implementar también para las otras claves que se trabajan en la fábrica, todos los cronometrados han sido realizados con piezas pertenecientes a las claves ya existentes.
- Las piezas de categoría C, algunas de ellas son demasiado grandes (tanto de las claves existentes como las futuras del AC-157) como para caber 24 de ellas en un MC. Este hecho no es relevante puesto que lo único que se pretendía con las que si caben 24, era de obtener un tiempo unitario. Por lo tanto, si una instalación requiriese cada “x” tiempo de 21 piezas que sufren del problema aquí descrito, lo que se haría seria llenar un MC con el máximo de estas piezas (digamos 14), como esta cifra no es suficiente, se llenaría un segundo contenedor con 14 mas, obteniendo 28 piezas a transportar (siete mas de las necesarias en este ejemplo, pero el porque, se explicará mas adelante) Por lo tanto el tiempo de llenado seria 28 multiplicado por el tiempo de unitario de categoría C. Como vemos nuevamente, con lo único que se jugara en el futuro es con el tiempo unitario independientemente del numero de MC’s a utilizar.
- **Importante:** las piezas (excepto aquellas que son minúsculas) son introducidas en los MC’s siguiendo la filosofía LEAN-Manufacturing “one touch-one motion”. Estos significa que el operario del tren coloca las piezas dentro del MC de forma que cuando el operario de la instalación reciba el MC este solo tenga que coger la pieza tal cual este en el MC y colocarla en el útil del robot, sin necesidad de preguntarse como va esta colocada, o lo que es peor, perdiendo a cada vez tiempo, girando la pieza y colocándola del modo correcto. Con ello se consigue aumentar el pasivo el operario de la instalación, el cual se puede aprovechar para que el operario suelde manualmente las piezas que precisen dicha operación de soldadura, por ejemplo.



Con todo ello, se consigue una reducción del número de operarios como más adelante se mostrara con un ejemplo en el capítulo-9.

Dicho todo esto queda claro que hay muchas imperfecciones e imprecisiones. Por ello se aplicara a cada unos de los tiempos un 5% obteniendo:

<b>TIEMPOS DE LLENADO UNITARIO (min)</b>			
	Categoría-A	Categoría-B	Categoría-C
Media (24piezas) con 5%	0,055	0,296	0,411
Tiempo unitario (con 5%)	0,0023	0,012	0,017

*Tabla 7.2 Tiempos unitarios de llenado de MC's*

Por lo tanto el operario dispondrá como máximo de estos **tiempos unitarios** para realizar las tareas de llenado. Ahora queda calcular el numero de MC's que se necesita como máximo para cada ronda del tren con vagones-trilogic (es decir, la primera vez). Sabiendo los tiempos ciclos de las piezas se puede saber cuantas piezas se necesitan como máximo para cada ronda, obteniendo la siguiente tabla:

Nº	CLAVE (CONJUNTO)	T. COCHE (min)	CLAVE PIEZA	PIEZAS 2H		PIEZAS 1,5H		PIEZAS 1H	
1	7R1.921.280/1	1,640	N.905.487.13	146,34		109,76		73,17	
			7R1.928.074/5	73,17	73,17	54,88	54,88	36,59	36,59
			7R1.910.678/9	73,17	73,17	54,88	54,88	36,59	36,59
			7R1.910.696/7	73,17	73,17	54,88	54,88	36,59	36,59
2	7R1.913.234/5	1,320	7R1.066.744	181,82		136,36		90,91	
			N.905.187.04	363,64		272,73		181,82	
			7R1.910.258/9	90,91	90,91	68,18	68,18	45,45	45,45
3	7R1.924.442	2,410	1J0.915.300	199,17		149,38		99,59	
			7R1.924.552	49,79		37,34		24,90	
			5N0.924.854	99,59		74,69		49,79	
4	7R1.921.246/7	1,840	N.021.267.6	391,30		293,48		195,65	
6	7R1.910.962	1,467	7R1.913.202	81,80		61,35		40,90	
			7R1.913.458	81,80		61,35		40,90	
7	7R1.910.963	1,520	7R1.913.203	78,95		59,21		39,47	
			7R1.910.459	78,95		59,21		39,47	
			7R1.913.795	78,95		59,21		39,47	
8	7R1.910.510/1	2,520	7R1.904.592/3	47,62		47,62		35,71	
9	7R1.970.166/7	2,740	7R1.972.982	87,59		65,69		43,80	
			7R1.972.310/1	43,80	43,80	32,85	32,85	21,90	21,90
			7R1.974.304/5	43,80	43,80	32,85	32,85	21,90	21,90

*Tabla 7.3 Numero de piezas que necesita instalación para 2h, 1,5h y 1h*

Y por consiguiente, cuantos MC por ronda.

Nº	CLAVE (CONJUNTO)	CLAVE PIEZA	PIEZAS/MC (REALES)		MC's 2H		MC's 1,5H		MC's 1H	
1	7R1.921.280/1	N.905.487.13	1014		1		1		1	
		7R1.928.074/5	24*	24*	4	4	3	3	2	2
		7R1.910.678/9	46	46	2	2	2	2	1	1
		7R1.910.696/7	45	45	2	2	2	2	1	1
2	7R1.913.234/5	7R1.066.744	80		3		2		2	
		N.905.187.04	1303		1		1		1	
		7R1.910.258/9	28*	28*	4	4	3	3	2	2
3	7R1.924.442	1J0.915.300	59		4		3		2	
		7R1.924.552	68		1		1		1	
		5N0.924.854	64		2		2		1	
4	7R1.921.246/7	N.021.267.6	890		1		1		1	
6	7R1.910.962	7R1.913.202	28*		3		3		2	
		7R1.913.458	65		2		1		1	
7	7R1.910.963	7R1.913.203	28*		3		3		2	
		7R1.910.459	65		2		1		1	
		7R1.913.795	325		1		1		1	
8	7R1.910.510/1	7R1.904.592/3	71	71	1	1	1	1	1	1
9	7R1.970.166/7	7R1.972.982	351		1		1		1	
		7R1.972.310/1	29	29	2	2	2	2	1	1
		7R1.974.304/5	30	30	2	2	2	2	1	1

Tabla 7.4 Numero de MC's de cada clave, que necesita instalación para 2h, 1,5h y 1h

Una vez enseñadas las tablas 44 y 45 queda remarcar:

- Este mismo proceso/filosofía se realiza también para todas las claves que se pueden llevar en MC del resto de conjuntos (de los otros modelos) de la Fabrica-B. Los resultados no se mostrarán.
- Notar como para algunas piezas de la misma clave (y por tanto mismo tiempo ciclo), se necesitan la mitad que para otras, cuando para realizar un solo conjunto necesitan mismo numero de piezas (ver ANEXO-A). Esto es simplemente, porque hay la mano izquierda y la mano derecha de ese conjunto. Además, algunos recuadros que indiquen una cantidad de piezas en tabla 7.3 (y de MC's en tabla 7.4), han sido partido en dos (por ejemplo 7R1.904.592/3), con el fin de indicar que las piezas que necesita una mano (7R1.904.592 necesita por ejemplo 71) y las piezas que necesita la otra mano (7R1.904.593 necesita por ejemplo 71 piezas).



- La cantidad de MC's ha sido redondeado a la alza, es decir, si para un recorrido, se necesitasen 1,43 MC's, se redondea a 2.
- Todavía no se sabe, el tiempo que dispondrá el operario para realizar el circuito con el tren de vagones-trilogic ya que todavía quedan por estudiar varios factores de tiempo tanto para las piezas del AC-157 como para el esto de modelos. Por lo tanto, se realizan 3 hipótesis: Circuitos de 1h, 1,5h y 2h.

Una vez dicho esto, y sabiendo el número de piezas que caben en un MC y el número de MC's que se necesitaran para realizar una vez el circuito, obtenemos los siguientes resultados para todas las piezas que forman los nueve conjuntos del AC-159:

TIEMPO DEDICADO A LLENAR TODOS LOS MC'S NECESARIOS PARA CADA CLAVE DEL AC-157 Y PARA CADA HIPOTETICO CIRCUITO (MIN)										
Nº	CLAVE (CONJUNTO)	CLAVE PIEZA	CATEG.		CIRCUITO 2H		CIRCUITO 1,5H		CIRCUITO 1H	
1	7R1.921.280/1	N.905.487.13	A		2,332		2,332		2,332	
		7R1.928.074/5	C	C	1,632	1,632	1,224	1,224	0,816	0,816
		7R1.910.678/9	C	C	1,564	1,564	1,564	1,564	0,782	0,782
		7R1.910.696/7	C	C	1,530	1,530	1,530	1,530	0,765	0,765
2	7R1.913.234/5	7R1.066.744	B		2,880		1,920		1,920	
		N.905.187.04	A		2,997		2,997		2,997	
		7R1.910.258/9	C	C	1,904	1,904	1,428	1,428	0,952	0,952
3	7R1.924.442	1J0.915.300	B		2,832		2,124		1,416	
		7R1.924.552	B		0,816		0,816		0,816	
		5N0.924.854	B		1,536		1,536		0,768	
4	7R1.921.246/7	N.021.267.6	A		2,047		2,047		2,047	
6	7R1.910.962	7R1.913.202	C		1,428		1,428		0,952	
		7R1.913.458	B		1,560		0,780		0,780	
7	7R1.910.963	7R1.913.203	C		1,428		1,428		0,952	
		7R1.910.459	B		1,560		0,780		0,780	
		7R1.913.795	A		0,748		0,748		0,748	
8	7R1.910.510/1	7R1.904.592/3	B	B	0,852	0,852	0,852	0,852	0,852	0,852
9	7R1.970.166/7	7R1.972.982	A		0,807		0,807		0,807	
		7R1.972.310/1	C	C	0,986	0,986	0,986	0,986	0,493	0,493
		7R1.974.304/5	C	C	1,020	1,020	1,020	1,020	0,510	0,510

Tabla 7.5 Tiempo dedicado a llevar un MC según la clave y el tiempo del circuito

He aquí el tiempo total dedicado a llenar MC's con piezas del AC-157 para cada circuito.



TIEMPO TOTAL DE LLENADO DEDICADO A LAS CLAVES DEL AC-157 PARA CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	38,672	34,384	26,564

*Tabla 7.6 Tiempo llenado para cada hipótesis, para las claves del AC-157*

Remarcar, que en este tiempo se han considerado todas las claves. También se ha de destacar que este mismo proceso se ha realizado para las 56 claves de los modelos restantes (recordar que en la fábrica hay 22 conjuntos sin contar los nueve del AC-157 y que estos 22 conjuntos están formados de 62 piezas (81 claves), las cuales 41 piezas (56 claves) van en MC. Luego se obtiene:

TIEMPO TOTAL DE LLENADO DEDICADO AL RESTO DE CLAVES DE LA FABRICA PARA CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	46,406	40,573	30,171

*Tabla 7.7 Tiempo llenado para cada modelo, del resto de piezas fabrica-B*

Obteniendo finalmente el siguiente tiempo dedicado para todas las claves de la Fabrica (las del modelo AC-157 y las otras)

TIEMPO TOTAL DE LLENADO DEDICADO AL TODAS LAS PIEZAS DE LA FABRICA PARA CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	85,078	74,957	56,735

*Tabla 7.8 Tabla donde se suman tiempos de tabla 47 y tabla 48 para cada circuito*

A partir del resto de datos, se acabara tomando una decisión de a cuanto tiempo debe ser fijado el recorrido del tren con vagones-trilogic (2h, 1,5h, 1h). También, volver a remarcar, que las piezas del AC-157 todavía no existen, por lo tanto se han cogido como referencia otras de la fábrica de modelos ya existentes, para realizar esta estimación.

#### 7.4.2. Desplazamiento del operario

##### 7.4.2.1. Bases

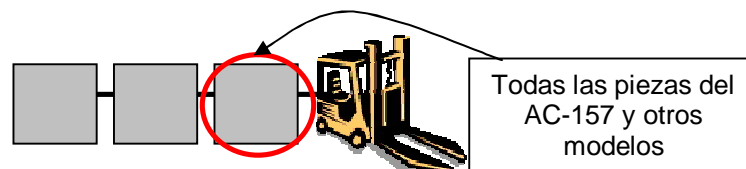
Este tiempo esta establecido por definición. En concreto, la empresa junto con los sindicatos establecieron en su día un **paso equivale a un segundo** y un **giro de tronco de 180º equivale a dos segundos**. Estos dos tiempos, no tendrán 5% adicional.



#### 7.4.2.2. Desplazamientos y giros para cargar

Estos son los desplazamientos que el operario realizará cuando se encuentre en el supermercado, con el fin de cargar los MC's vacíos con las piezas (cantidad y tipo) que le diga la tarjeta Kanban de turno. Se sabe que el operario, trabaja con un tren con tres vagones trilogic (máximo permitido de vagones por cuestiones de seguridad en los giros de los vagones). Estos MC's estarán dispuestos de una manera particular (y fija) en los vagones trilogic, de modo que el operario primero podrá manipular en el supermercado aquellos que estén en el primer vagón, después con aquellos que estén en el segundo vagón... con la particularidad que el vagón a manipular estará siempre enfrente del contenedor universal que contiene las piezas con las que se quiere llenar el MC (proceso ya explicado, en el capítulo de ergonomía).

Destacar también que los contenedores universales que estén en el supermercado, con las piezas de todos los modelos, tendrán una calle fija en el supermercado, para cada clave. Como todavía no hay ninguna posición establecida para los MC's dentro de los vagones-trilogic, y como se quiere dar prioridad al nuevo modelo, se decide que las piezas del AC-157 van a ir en el primer vagón. Además, se calcula que para que el operario acceda del carretilla tractora (del tren) a un vagón-trilogic (o de un vagón a otro), necesita dar dos pasos (lo que implica dos segundos).



*Figura 7.3 Posicionamiento de las piezas del AC-157 en tren de vagones-trilogic*

Una vez dicho esto, y sabiendo el número de piezas que caben en un MC y el número de MC's que se necesita para cada clave y circuito (lo que nos dará un número de giros) se obtienen los siguientes resultados para el modelo AC-157.

TIEMPO TOTAL DE DESPLAZAMIENTOS Y GIROS PARA CADA CLAVE DEL AC-157 Y PARA CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	5,467	5,000	4,067

*Tabla 7.9 Tiempo de desplazamiento y giros de carga para las piezas AC-157*

Este cálculo se ha obtenido considerando todos los giros, desplazamientos, claves... Remarcar nuevamente, que también se realiza este calculo (misma filosofía) para las 41 piezas (56 claves) se llevan en MC de los modelos restantes obteniendo.

TIEMPO TOTAL DE DESPLAZAMIENTOS Y GIROS PARA EL RESTO DE CLAVES DE FABRICA-B Y CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	6,561	6,200	4,466

*Tabla 7.10 Tiempo de desplazamiento y giros de carga, para las piezas del resto de modelos*

Aquí destacar, que los MC se sitúan no solo en el primer vago-trilogic sino que también en el segundo y tercer (ya que en el primer vagón-trilogic no hay espacio para todas las claves. Finalmente se obtiene el siguiente tiempo dedicado para todas las claves de la Fábrica-B (las del modelo AC-157 y las otras)

TIEMPO TOTAL DE DESPLAZAMIENTOS Y GIROS PARA TODAS LAS CLAVES Y PARA CADA CIRCUITO			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo (min)	12,028	11,200	8,533

*Tabla 7.11 Tiempo total desplazamiento y giros de carga para todas las piezas que van en MC de la Fabrica B*

#### **7.4.2.3. Desplazamientos y giros de descarga**

Estos son los desplazamientos que el operario realizara cuando se encuentre delante de una instalación. Por tanto el/los concepto/s son exactamente los mismos: 2 pasos (segundos) para llegar de un vagón al otro vagón, los giros de tronco....

Sin embargo, no se mostrara ninguna tabla de tiempos, puesto que estos son los mismos que los calculados para los desplazamientos y giros de carga, ya que para descargar realiza exactamente los mismos movimientos. Por lo tanto, en la tabla resumen del final del capitulo, se mostrarán los mismos tiempos que los de carga.

#### **7.4.3. Desplazamiento del tren dentro del supermercado**

##### **7.4.3.1. Bases**

Como no, también se deberá contar con este tiempo. Se sabe que por convenio, esta prohibido que la carretilla se desplace a una velocidad superior a los 4km/h. Por lo tanto, se



dará por sentado, que la carretilla se desplaza siempre a una **velocidad de 4km/h constantes** (de hecho la carretilla puede desplazarse hasta un máximo de 10 Km/h, no obstante para los cálculos se tomará como velocidad correcta los 4 km/h).

#### 7.4.3.2. Desplazamientos en supermercado

Se sabe que las 9 conjuntos están compuestos de 43 claves de las cuales, 27, son lo suficientemente pequeñas como para aplicarles la filosofía del supermercado (para ser transportadas en MC).

Dicho esto, el tren deberá desplazarse debido a las piezas del modelo AC-157, 27x2 metros (recordar que de ancho un contenedor universal hace 1,8 metros de ancho y que el espacio entre contenedores universales es de 20 centímetros y para estas claves, los contenedores universales estarán todos juntos).

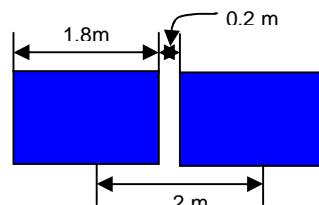


Figura 7.4 Distancia entre contenedores universales dentro del supermercado

Sabiendo que se hay 27 piezas del modelo AC-157 que estarán en el supermercado (cada pieza va en un contenedor universal) y que el tren se desplaza a una velocidad de 4km/h obtenemos un tiempo de:

$$27_{cont} * \frac{2m}{1_{cont}} * \frac{1h}{4Km} * \frac{1Km}{4000m} * \frac{60min}{1h} = 0,203 min \quad (Ecuación 7.2)$$

Realizando mismo para el resto de claves de los modelos ya existentes en la Fabrica-B (56 claves que van en Supermercado y por tanto 56 contenedores universales) se obtiene:

$$56_{cont} * \frac{2m}{1_{cont}} * \frac{1h}{4Km} * \frac{1Km}{4000m} * \frac{60min}{1h} = 0,420 min \quad (Ecuación 7.3)$$

Por lo tanto, el tiempo total debido a desplazamientos de la carretilla dentro del supermercado para todas las piezas de todos los modelos es de: **0,623 min.** Este tiempo es el mismo, se realice el circuito que se realice (2h, 1,5h o 1h)

#### 7.4.4. Tiempo de realizado del circuito (tren)

Ya se han definido todos los tiempos para las claves susceptibles de ser transportadas en MC's (tiempos de carga, descarga, desplazamientos...) tanto del modelo AC-157 como del resto. No obstante a esto hay que añadirle un dato más: El tiempo que se tarda en recorrer el circuito (espacio/velocidad). Este dato es totalmente independiente del resto puesto que este dato es simplemente el cálculo de la distancia del circuito dividido de la velocidad teórica del tren. Sabiendo que el **recorrido del tren pasando por todas las instalaciones** (tanto del AC-157 como del resto) **son 596 metros** (con sus diferentes paradas) y que la velocidad teórica del tren es de 4Km/h obtenemos el siguiente tiempo:

$$596m * \frac{1h}{4Km} * \frac{1Km}{1000m} * \frac{60 \text{ min}}{1h} = 8,94 \text{ min} \quad (\text{Ecuación 7.4})$$

Por lo tanto, tardará en hacer el circuito entero de todas las piezas de Fabrica-B: **8,94 min.** El tiempo es totalmente independiente del circuito que se realice.

#### 7.4.5. Decisión número de horas del circuito

Una vez que tenemos los resultados obtenidos anteriormente, montamos la siguiente tabla.

TIEMPO TOTAL DE REALIZADO DE LOS CIRCUITOS PARA TODAS LAS PIEZAS (MIN)			
	CIRCUITO 2H	CIRCUITO 1,5H	CIRCUITO 1H
Tiempo de llenado de MC's (min)	85,078	74,957	56,735
Tiempo de desplazamientos y giros del operario para cargar (min)	12,028	11,2	8,533
Tiempo de desplazamientos y giros del operario para descargar (min)	12,028	11,2	8,533
Tiempo de desplazamiento del tren dentro supermercado (min)	0,623	0,623	0,623
Tiempo de desplazamiento del tren para realizar el circuito (min)	8,94	8,94	8,94
<b>TOTAL (min)</b>	<b>118,697</b>	<b>106,92</b>	<b>83,364</b>

Tabla 7.12 Tiempo total de realizado de los circuitos

Si se observa con detenimiento la tabla-53, para todas las hipótesis hechas para los distintos circuitos, solo la hipótesis del circuito de 2 horas se cumple, es decir, que todas las operaciones para **dos horas de trabajo de las instalaciones**, estas pueden ser abastecidas antes de que pasen 2 horas. Por lo tanto se toma la decisión de:

**Realizar el circuito de 2h**



Como se ha dicho anteriormente, este tiempo, de dos horas será el tiempo máximo que dispondrá el conductor del tren para hacer el recorrido (con sus respectivas paradas, cargas descargas...). Obviamente, sobretodo en el caso del AC-157, la demanda variara y no siempre será necesario de realizar los 350 coches al día, sino que menos. Esto no afecta en absoluto, al resto de instalaciones de los otros modelos, puesto que el calculo ha sido realizado para que las instalaciones tengan garantizado el suministro de piezas para las dos horas, independientemente de que el conductor del tren disponga de mas tiempo pasivo debido a que hay instalaciones que no trabajan debido a una baja productividad, ya sea del modelo AC-157 o de cualquiera de los otros modelos de la fabrica.

También destacar, que en los MC's se colocaran el máximo de piezas que estas quepan por pesos y dimensiones. Por lo tanto habrán situaciones, que la instalación (por ejemplo) necesitara 74 para 2 horas, y que en un MC caben 35 piezas (por ejemplo), por lo tanto se llevarían 105 piezas en 3 MC de 35 piezas. Esto seria para la primera vez. Sin embargo para la segunda vez, de estos 3 MC solo habrán vacíos, 2 MC, lo que provocara que la segunda vez el operario del tren lleve a la instalación solo 2 MC. Y la siguiente vez, de nuevo 3 MC's.

En definitiva, "las dos horas" que dispone el conductor del tren (operario) se podrían definir como el tiempo máximo del que dispone el operario para abastecer de piezas todas las instalaciones de la fabrica, suponiendo que la saturación de esta es del 100% y que diera la coincidencia de que justo en todas las instalaciones se acabaran con todas las piezas.

Obviamente y como anteriormente se ha comentado, este tiempo esta mayorizado y aumentado en un 5% (en el caso de carga de piezas en MC) para que el operario pueda realizar el trabajo sin la necesidad de hacer ningún sobreesfuerzo ni que haya el peligro de que no llegue a una instalación a tiempo provocando el paro la misma.

Para evitar un improbable retraso cada una de las instalaciones dispondrá de un MC extra para cada una de las piezas (claves) que trabaje dicha instalación (se entiende que se habla de las piezas que son transportadas en MC y no de las que van directamente a la instalación en contenedor universal). Teniendo en cuenta todos los datos aquí expuesto, se puede concluir que el operario del tren no dispondrá de ningún problema para realizar el circuito en 2h (el descanso no cuenta). Destacar, también que todos los tiempos aquí calculados son tan solo aproximaciones. Para verificar que estos son reales (sobretodo en el caso del AC-157), se deben cronometrar en la realidad.

Dicho todo esto solo destacar, que en el **supermercado habrá una pizarra** en donde el operario del tren anotará (en cuanto acabe su turno), donde ha dejado el tren con vagones-trilogic, (en que zona de la fabrica) para que así, el operario del siguiente turno sepa donde esta y pueda reanudar la actividad. Una vez expuesto todo esto, cabe destacar los conceptos Lean-Manufacturing que se han utilizado (transporte mediante supermercados, flujo de tarjetas Kanban y colocación perfecta de las piezas -“one touch, one motion”-), lo cual permite obtener los siguientes ahorros:

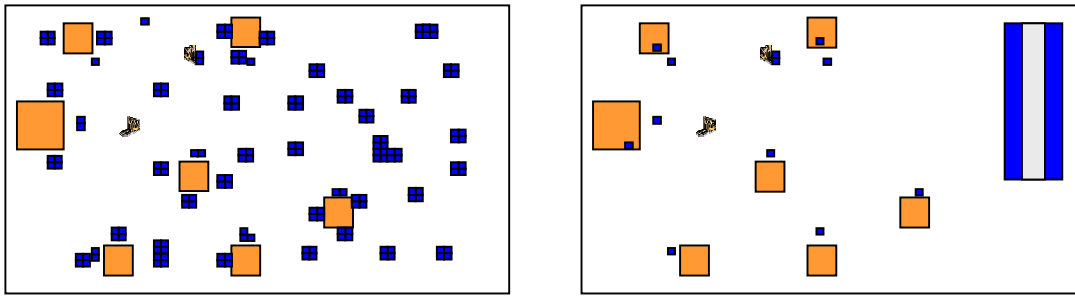
**Reducción del numero de operarios conductores de carretilla:** Puesto que no es lo mismo tener cuatro o cinco conductores de carretilla que vayan dando vueltas por la fabrica para acercar los contenedores universales de los mini pulmones a las instalaciones, que tener un solo operario que realice la tarea de una manera lógica y disciplinada. Con ello se consigue una buena reducción de gastos en concepto de salarios.

**Aumento del tiempo disponible del operario de la instalación:** esto se consigue puesto que el operario lo tiene todo a mano, y colocado y no debe perder el tiempo en desplazamientos ni en girar piezas. Todo ello hace que el pasivo del operario aumento, tiempo que se aprovecha para que este suelde las piezas que precisen de soldadura manual, en vez de que sea un segundo operario el que realice esta operación, y en el peor de los casos, que otra carretilla deba acercar estas piezas soldadas manualmente, que encima han sido apulmonadas (ocupando mas espacio en la fabrica). Luego indirectamente, se consigue la reducción de más operarios, lo que implica menos salarios y lo que implica finalmente una reducción de gastos. (Remarcar, que en las instalaciones que el operario fuera el cuello de botella, el tiempo ciclo de la pieza 'x' se vería reducido).

**Aumento de la calidad de la gestión de piezas pequeñas:** Puesto que no es lo mismo tenerlas todas controladas en una misma zona, que esparcidas en muchos mini pulmones de contenedores universales al lado de las instalaciones (un mini pulmón en cada instalación).

**Optimización de los espacios:** Puesto que la filosofía del supermercado nos permite tener todos los contenedores universales en un solo pulmón y de manera ordenada, en vez de tener “50” esparcidos con la consiguiente perdida de espacios. Lo que puede conllevar a perdida de contenedores y perdida de dinero, puesto que aunque se disponga de un programa como SAP, la gestión de las piezas resulta complicada cuando las zonas no están especificadas.





*Figura 7.5 Optimización de la organización logística y de los espacios, mediante supermercados*

Más adelante (en el capítulo-9) se explicará un ejemplo, en el cual mostrará, hasta que punto aplicar LEAN-manufacturing mediante la filosofía del supermercado es útil. En dicho ejemplo se podrá ver los ahorros (que se pueden hacer en general) con valores numéricos.



## 8. Control de la calidad

### 8.1. Establecimiento pautas de control

En todo producto actual la calidad es muy importante, a la hora de conseguir productos atractivos y duraderos. Además de poder pasar los controles y normativas.

Para conseguir los standards de calidad en la empresa 'TEAS', se realizan dos tipos de pautas de control:

- Pautas de control no destructivas
- Pautas de control destructivas.

Las pautas de control no destructivas, son aquellas que se realizan como su propio nombre indica, sin destruir los conjuntos, realizando mediciones, etc.

Las pautas de control no destructivas son aquellas en las cuales la pieza queda inutilizada. La pieza es destruida para comprobar si las piezas están bien soldadas, si tienen un mínimo de resistencia a la compresión, etc.

Para el modelo AC-157, al igual que como otro para cualquier otro modelo, con el fin de tener un control de calidad, se le aplicaran tanto pautas de control no destructivas como destructivas. La empresa 'TEAS', tiene sus propios criterios para realizar ambas pautas de control que son los siguientes:

Para las pautas de control no destructivas lo que hace es un seguimiento mediante un control estadístico de procesos. Para las pautas de control no destructivas simplemente lo que hace es escoger **un conjunto, aleatoriamente, una vez por semana** (para cada clave) y le aplica las pautas destructivas (quedando la pieza inutilizable)

Sabiendo la empresa 'TEAS' que es posible que los criterios de calidad no sean del agrado de la empresa 'Stark', decide exponer esto a 'Stark' con el objetivo de tener el visto bueno y poder aplicar estos criterios de control de calidad al modelo AC-157 así como también ya lo hace en sus propios modelos (los de 'TEAS').



Una vez los directivos y técnicos de Stark estudian la documentación que le envía 'TEAS' con los protocolos de calidad, llegan a la conclusión, de que aceptan los protocolos que aplica 'TEAS' en cuanto a las pautas no destructivas, puesto que estos se parecen a los que aplican ellos. Sin embargo, no están de acuerdo, con los protocolos de pautas no destructivas que 'TEAS' aplica a sus modelos. Dicho de otra forma, 'Stark', no quiere que 'TEAS' realice a su modelo (el 'Stark AC-157') una pauta destructiva a cada uno de los conjuntos una vez por semana, siendo este conjunto, además, escogido aleatoriamente. Los motivos por los que 'Stark' no acepta este protocolo, son los siguientes:

El primer motivo, es el hecho que en una semana entera para una misma clave, solo se controle un conjunto a la semana y que este sea escogido de manera aleatorio, hace que, si en una semana se realizasen 1000 conjuntos de la clave 7R1.921.280/1 (por ejemplo), el conjunto escogido al azar (las cuales estarían apulmonados) podría ser el numero 100 (por ejemplo). De esta manera, si al realizarse la pauta destructiva se viera, que el conjunto estaba en perfectas condiciones, (ningún defecto de calidad) no se podría garantizar que las 900 restantes no disponen de fallos, puesto que quizás el conjunto numero 101 tiene un defecto de soldadura (debido a que el robot se ha descentrado) y por lo tanto todas las siguientes tienen el mismo defecto de soldadura. Defecto el cual, no ha podido encontrarse en la pauta destructiva, puesto que se ha analizado justo un conjunto, antes de la aparición del defecto.

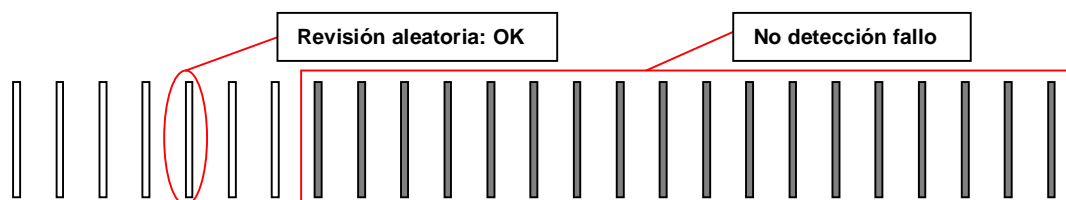


Figura 8.1 Revisión aleatoria de un conjunto una vez por semana

El segundo motivo por el cual 'Stark' no esta de acuerdo con este protocolo, es a causa de que quiere tener controlado de manera porcentual el rechazo de conjuntos que sufren sus modelos debido a todos los motivos existentes (poros, fallos en soldadura...). Uno de ellos, es el rechazo de un conjunto debido a la realización de una pauta destructiva. En efecto, si este es destruido para realizar una pauta destructiva, después no estará en óptimas condiciones para ser utilizado. El problema que hay, lo expone 'Stark' en siguiente ejemplo:

Producción semanal	% Rechazo semanal por pruebas destructivas
10.000	0.01%
1000	0.1%

Tabla 8.1 Aumento rechazo semanal, cuando disminuye producción

En efecto, se observa que paradójicamente, una disminución de la producción provoca un aumento del rechazo semanal debido a pautas destructivas. Esto es lógico, puesto que las pautas destructivas se aplicarían una vez por semana, pase lo que pase. Esto implica que si solo se hiciera un conjunto, el rechazo semanal provocado por pautas destructivas sería del 100% (por ejemplo).

Puesto que 'Stark' no quiere que esto suceda, pide, que apliquen una pauta destructiva con la misma frecuencia que ellos realizan en sus fábricas, es decir, que realicen una pauta destructiva a **1 conjunto de cada 400**. El motivo por el cual hacen las pautas destructivas con esta frecuencia constante, es el de tener perfectamente controlados los conjuntos por paquetes. Dicho de otra manera, si por casualidad una de los conjuntos "numero 400", saliese defectuoso, se sabría con seguridad que ese paquete de 400 conjuntos habría que revisarlo, puesto que sería probable que existiesen defectos en algunos de los conjuntos (así como también aquellas del paquete posterior que hayan empezado a hacerse). Por lo tanto, se podría para parar inmediatamente la instalación con el fin de solucionar el problema en vez de dejar pasar una semana y que vaya fabricando la instalación conjuntos defectuosos. Por otra parte, si el "conjunto 400" estuviera en perfectas condiciones, se podría asegurar que ese paquete de 400 conjuntos esta perfecto.

Una vez que el consejo presidencial de 'TEAS' recibe esta información de 'Stark', se la envía a los dirigentes de la Fábrica A y B para que estos tomen medidas al respecto. Los dirigentes de la Fábrica B al recibir la noticia, pide a sus técnicos, que busquen una solución que sea la mas económica posible y que a su vez resuelva el problema, es decir, que se aplique una pauta destructiva a aquel conjunto **que cada vez, sea el numero 400**, para que esta pueda ser apartado y que el técnico de calidad pueda realizarle la pauta destructiva.

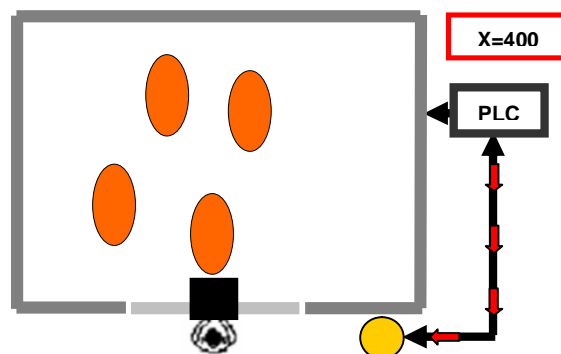
Los técnicos, en cuanto reciben el problema deciden analizar el problema desde el final hacia el principio para poder resolverlo y concluyen que: para que el técnico de calidad pueda aplicar la pauta destructiva al "conjunto 400", lo primero que debe es tener el conjunto, y para tener el conjunto, primero el operario de la instalación debe apartárselo. Para que este pueda ser apartado, antes el operario debe saber cada vez, cual es el conjunto que hace "400" y para ello debería tener un **poka-yoke** (en este caso una baliza luminosa) que le advirtiera que acaba de recibir el conjunto que hace "400". El problema nuevo que se plantea, es saber como conseguir que la baliza se encienda de manera precisa y fiable indicando que el último conjunto en salir, es el conjunto que se desea apartar.



Llegados aquí y una vez que los técnicos estudian todas las alternativas, llegan a la conclusión de que solo existen dos métodos capaces de solucionar el problema de forma barata, simple y que cumpla todas las premisas. Estos dos métodos para que el operario de la instalación sepa cuando tiene que aplicar la pauta destructiva son los siguientes:

### 8.1.1. Método-A

Este método consiste en instalar una baliza luminosa intermitente al lado de la puerta de salida de las piezas con el fin de que el operario vea rápidamente el momento en el que se ilumina. Esta baliza estaría conectada al PLC que gobierna la instalación el cual dispone de un contador interno. La baliza estaría conectada al PLC con un cable doble, con el fin de reservar un hilo a la señal de entrada y otra a la de salida (recordar que un PLC es un dispositivo que controla procesos y robots en tiempo real) . Este contador interno iría contando conjuntos cada vez que uno de ellos es finalizado y sale por la puerta de salida. En el momento de llegar a 400 emitiría una señal fija por uno de los filamentos del cable doble, la cual encendería la baliza, volviendo el contador interno a 0.



*Figura 8.2 El operario ve la luz de la baliza y se dispone a coger la pieza para apartarla*

En ese momento, al ver que la baliza se ilumina, apartaría el conjunto, y pulsaría el interruptor de la baliza, que emitiría otra señal hacia el PLC, el cual cortaría la señal haciendo que la baliza se apagara.

### 8.1.2. Método-B

Este método mantiene la misma esencia que el anterior, con las siguientes diferencias: El PLC de la instalación, al acabarse un conjunto, emitiría un impulso el cual iría hacia un contador electromecánico y totalmente independiente del contador interno del PLC (el contador electromecánico estaría dentro de una caja metálica que se abre con una llave). A la vez también estaría emitiendo una señal fija.

Este contador electromecánico al recibir el impulso contaría una pieza. Según se vayan finalizando los conjuntos, el PLC iría mandando señales, y el contador electromecánico seguiría contando. Cuando el contador electromecánico llegase a 400, este, dejaría pasar la señal, hacia dos relés que están conectados en paralelo. El primer relé, al recibir la señal, enviaría un impulso al contador electromecánico el cual se volvería a 0 (solo el contador electromecánico, el interno del PLC seguirá contando hasta infinito puesto que es indiferente en este método). El segundo relé, dejaría pasar la señal, para encender la baliza. Al igual que antes, el operario al ver iluminada la baliza, apartaría el conjunto y pulsaría el interruptor que apaga la baliza haciendo que se emita una señal haciendo que el contador electromecánico no deje pasar la señal hasta que vuelva a pasar a 400.

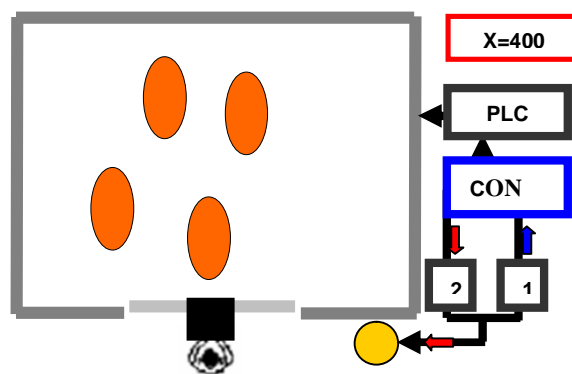


Figura 8.3 Misma filosofía, solo que el contador electromecánico es independiente.

En ambos casos, el técnico de calidad, tan pronto viese el conjunto apartado se lo llevaría, le aplicaría la pauta destructiva y apuntaría en la hoja de registro de control, el momento en el que acabo la pauta destructiva y la pieza que es ( la 400, la 800 ...).

### 8.1.3. Comparación

Llegados a este punto, en el que se dispone de dos métodos, queda pues compararlos entre ellos para determinar que método es el mejor. Esta comparativa se realizara desde un punto de vista: técnico y económico.

#### 8.1.3.1. Comparación técnica

A continuación se expondrá, las ventajas e inconvenientes de cada uno de los dos métodos.

##### Método-A:



Figura 8.4 Esquema de encendido de la baliza en método-A



Ventajas:

-Solución estética

Inconvenientes:

-Dependencia del departamento de mantenimiento cada vez de que se quisiera cambiar la frecuencia de iluminado de la baliza por ejemplo de 400 a 300 (ya que habría que manipular el contador interno del PLC y eso no lo puede hacer cualquier persona).

-Sistema no robusto debido a la dependencia del contador interno del PLC, el cual es muy volátil. En efecto, cada vez que hay un corte de luz (por ejemplo) este se “resetea” volviendo a 0, sucediendo que por ejemplo, si llevaba ya contadas 200 conjuntos y hay un reset, este vuelve a 0. Mas tarde, en cuando el contador llegue a las 400 unidades contadas, realmente no tendremos un paquete de 400 piezas sino de 600 (400 contadas de nuevo mas las doscientas que fueron “reseteadas”).

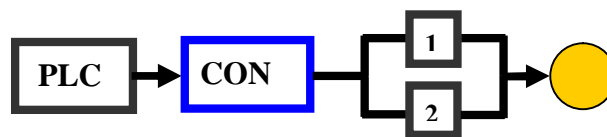
Método-B:

Figura 8.5 Esquema de encendido de la baliza en método-b

Ventajas:

-La persona que posea la llave que abre la caja del contador puede cambiar la frecuencia de alumbrado de la baliza. Esto es así, ya que el contador electromecánico dispone de una pequeña rueda, que nos permite cambiar la frecuencia de iluminado.

-**Sistema robusto** puesto que el contador electromecánico es totalmente independiente del contador interno del PLC, haciendo que este siempre marque el numero de piezas hechas de manera correcta, independientemente del contador interno del PLC (por ejemplo, si ambos están a 250 piezas y el contador interno del PLC se resetease volviendo a empezar desde 0, el contador electromecánico seguiría estando a 250)

Inconvenientes:

-Solución no estética

### 8.1.3.2. Comparación económica

Llegados a este punto, solo queda por estudiar el aspecto económico. Hay que ver, pues la inversión económica que se necesitaría para cada uno de los métodos. Para cada uno de ellos, se expondrá el coste del material. No se expondrá el coste de la mano de obra debido a la instalación del dispositivo, puesto que de ello se encargaría el departamento de mantenimiento. Por lo tanto, este sería “gratis”, ya que estos operarios, cobrarán, hagan esta rutina u otra.

#### **Método-A:**

INVERSIÓN 1 INSTALACIÓN	
Baliza intermitente	102 €
Cable para instalación	40 €
Pulsador	20 €
INVERSION	162 €
INVERSIÓN 7 INSTALACIONES	
INVERSION TOTAL	1.134 €

Tabla 8.2 Inversión método-A

#### **Método-B:**

INVERSIÓN 1 INSTALACIÓN	
Baliza intermitente	102 €
Cable para instalación	40 €
Pulsador	20 €
Contador	108 €
Caja	50 €
2 Relés	40 €
INVERSION	360 €
INVERSIÓN 7 INSTALACIONES	
INVERSION TOTAL	2.520 €

Tabla 8.3 Inversión método-B

Observamos pues, que el método-A, es del orden de 1400€ mas barato que el método-B. Remarcar, que de hecho, hay 8 instalaciones (7 mas una doble), no obstante, solo 7 de ellas (6 y la doble) disponen de PLC. La octava, lo único que hace es añadir unos tornillos a una pieza que ya viene hecha, luego, no hay que preocuparse de que hayan defectos, puesto que la operación de añadir esos tornillos no afecta a la calidad del conjunto, por lo tanto no hace falta hacerle pasar por controles de calidad.

### 8.1.4. Elección del método

Así pues, se sabe que el método-A es mas barato que el método-B. No obstante el método-B es un sistema de contado robusto y sin fallos, cosa que no sucede con el método-A. Por consecuencia se decide aplicar el método-B para resolver el problema. Cabe destacar que en el aspecto económico, las dos soluciones se consideran que cuestan lo mismo, ya que como se verá en el capítulo-11, una diferencia de inversión de 1386 € es ínfima, respecto a la inversión de todo el proyecto, por lo tanto ni se considera como un ahorro (y mas aun, cuando el método-A se sabe que puede tener fallos).



## 9. Ejemplo de mejoras

### 9.1. Mejoras gracias al LEAN-Manufacturing

Como ya se ha comentado anteriormente, una de las filosofías del LEAN-Manufacturing es buscar la mejora continua de los procesos, con el fin de alcanzar la perfección. En este proyecto se ha realizado un estudio para la integración de componentes de un vehículo en una fábrica, desde el punto de vista de procesos, tiempos de fabricación, ergonómico, logístico y financiero.

A partir de esto se ha realizado un diseño de islas en base a los conocimientos actuales en LEAN-Manufacturing y a la tecnología actual. No obstante, según se va adquiriendo experiencia, y según va mejorando la tecnología, aquellas instalaciones que antes parecían óptimas, desde el punto de vista técnico, logístico y de tiempos de fabricación, quedan obsoletas, teniendo que cambiar robots (para obtener una mejor calidad de las piezas), procesos logísticos (con el fin de ganar tiempo, lo que supone dinero) y procesos de fabricación (lo que consigue una mejora en los tiempos de fabricación). No obstante, realizar cambios en las instalaciones de fabricación, puede resultar muy costoso. Por ello siempre se deberá analizar, si la mejora y el ahorro económico que se produce con dicha mejora, amortiza la inversión realizada en un plazo de tiempo razonable.

También se ha de tener en cuenta, el aspecto de calidad final del producto, es decir, si cambiando la tecnología se puede mejorar el producto, pero acontece un incremento del tiempo de fabricación (con la consiguiente pérdida económica). En ese caso, se debería estudiar detenidamente si el valor añadido que se ofrece al producto compensa el aumento de los costes de fabricación (quizás aumentan los costes de fabricación, pero al mejorar la calidad, quizás se realicen mas ventas)

Por todo ello, a continuación se muestra un ejemplo de cómo se podría mejorar las instalaciones encargadas de fabricar las piezas del AC-157 (en caso de que fueran adjudicadas) una vez instaladas y una vez que los tiempos teóricos, hayan sido ajustados a la realidad, al ver el funcionamiento real de la instalación. Este ejemplo, también ayudara a comprender, la magnitud de filosofías LEAN-Manufacturing como los supermercados, o las tarjetas 'Kanban'. (Remarcar que este ejemplo, corresponde a una pieza de un modelo que se construye en Fábrica B, diferente al AC-157. Se trata del VL-238).



El ejemplo es el siguiente:

Se trata de una instalación que fabrica **una traviesa de techo**. Este conjunto esta compuesto de 5 partes:

Un esqueleto de traviesa.



*Imagen 9.1 Traviesa*

2 refuerzos de bisagras (izquierda y derecha)



*Imagen 9.2 Refuerzo bisagra*

2 placas de refuerzo universales (una para cada refuerzo).



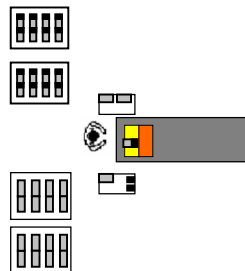
*Imagen 9.3 Placas universales*

El proceso antiguo era el siguiente: Primero, se traía de un pulmón, las placas y los refuerzo al lado de una soldadora fija. Seguidamente, en esta soldadora (de protuberancias) fija y aislada (de la instalación robotizada), un operario, soldaba la placa universal al refuerzo izquierdo. La misma operación se realizaba para el refuerzo derecha quedando las piezas de la siguiente manera.



*Imagen 9.4 subconjunto refuerzo bisagra más placa universal*

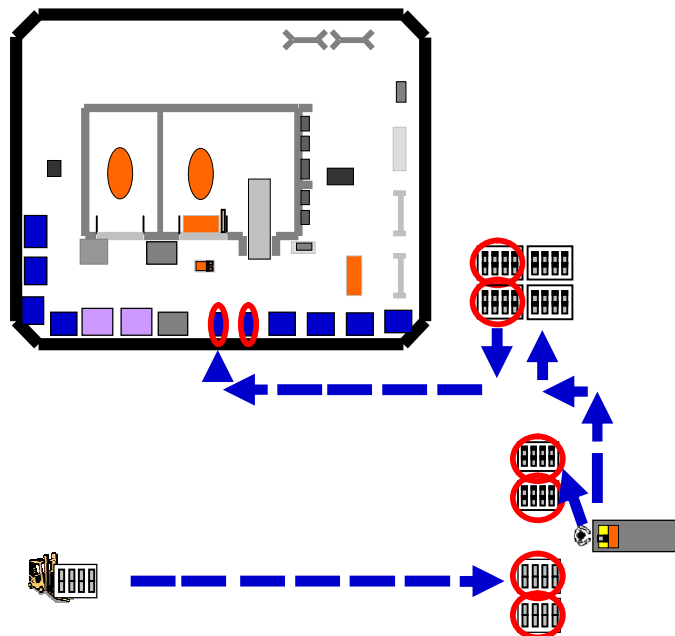
El operario disponía de dos mesas. En la de la izquierda el operario tenía refuerzo izquierda y en la derecha tenía refuerzo derecha y placas universales. Estas placas, inicialmente le venían en contenedores universales así como las placas. Estos contenedores se disponían detrás de el. Con el fin de ahorrar desplazamientos, antes de empezar a soldar, el operario se acomodaba en las mesas unas cuantas placas, y refuerzos. Una vez que acababa con la soldadura, dejaba estos refuerzos con placas, en dos contenedores universales: en uno dejaba las izquierdas, en otras las derechas.



*Figura 9.1 Disposición de los refuerzos bisagra y placa universal en la soldadora fija*



Mas tarde, cuando los contenedores universales se llenaban de refuerzos con soldadura, estos eran trasladados a un pulmón intermedio. Estos refuerzos con placas se hacían casi sin parar, y se iban apulmonando (podríamos decir que no se hacían Just-in-time sino que se hacían de mas para asegurarse de que nunca iban a faltar). Una vez que la instalación robotizada se quedaba sin refuerzos con placas, un operario con carretilla, se llevaba los contenedores universales vacíos de la instalación robotizada, y traía dos contenedores universales del pulmón (uno con refuerzos con placa izquierda y otros con derecha). A continuación se mostrará con una imagen, el recorrido que seguía los contenedores así como la descripción en imágenes de las medidas, formas y separaciones que comprendía las instalaciones. Destacar, que a pesar que la instalación esta hecha proporcionalmente, todo lo que esta fuera de ella no lo esta con el fin de identificar mejor como era el proceso.

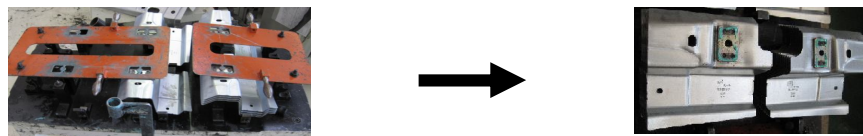


*Figura 9.2 Recorrido que sufrían los refuerzos bisagra hasta llegar a la instalación robot*

Una vez que estos contenedores universales llegaban a la instalación (un tercer operario, diferente al de la soldadora fija y al que lleva a la carretilla), continuaba con el proceso de fabricación del conjunto traviesa de techo. Este proceso consistía, en coger el refuerzo con la placa soldada, aplicarle una masilla verde electrosoldable, y después acercarse al robot, para dejarle en su útil correctamente colocados: el esqueleto de la traviesa y los refuerzos. Finalmente el robot soldaba todo, y dejaba en la rampa de salida el conjunto terminado. Este procedimiento sufría varios derroches, (en cuanto a tiempos de fabricación, desplazamientos...) los cuales se pueden corregir (y corrigieron) integrando la soldadora fija en la instalación (costes de la integración nulos, debido a que la instalación la realiza los operarios de mantenimiento).

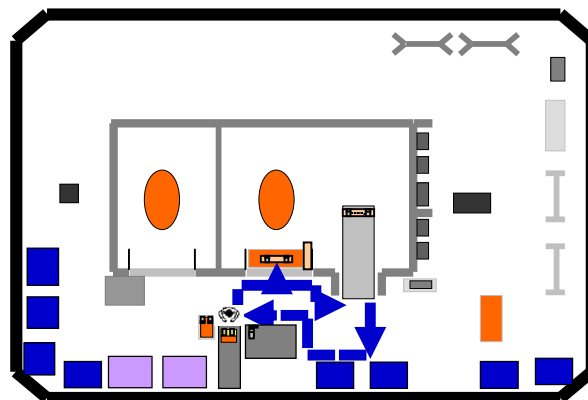
Entonces para el nuevo proceso se realiza lo siguiente: Primero se coloca la soldadora fija en la instalación, dejando libre el espacio que ocupaban los dos contenedores universales con los refuerzos y placas. Estos dos contenedores son eliminados. Al lado de la soldadora fija, se construye una estantería-trilogic.

Esta estantería-trilogic se dispone al lado de la soldadora fija. A este armario trilogic, cada 2h (tiempo establecido anteriormente) le llegará tanto las placas universales como los refuerzos mediante el tren con vagones-trilogic. Al otro lado se dispone la mesilla en donde se aplicaba (y aplica) la masa verde electrosoldable. Con estas variaciones, el operario de la instalación hace el solo, el proceso entero (antes eran dos operarios) el cual queda de la siguiente forma: Primero suelda las placas a los refuerzos, seguidamente, se gira y en la mesilla que tiene al lado aplica la masilla verde (como antes)



*Imagen 9.5 Aplicación masilla*

Lleva estas dos placas al robot junto con el esqueleto de la traviesa. Este las suelda y le devuelve la pieza soldada. El operario coge el conjunto traviesa de techo y lo deja en un contenedor universal. Si se observa detenidamente, el proceso que realiza el operario de la instalación, este es prácticamente el mismo que antes de la introducción de la soldadora fija. No obstante, ahora el operario de la instalación, debe realizar una operación que antes realizaba un segundo operario: la de soldar las placas universales a los refuerzos de bisagra. El proceso que realiza el operario, y nueva configuración de la instalación se ve, en la siguiente figura.



*Figura 9.3 Nuevo proceso fabricación e instalación, para la traviesa de techo*

Así pues a simple vista se puede pensar que no se ha conseguido gran cosa. Sin embargo a continuación se analizarán los ahorros que se han conseguido, tanto a nivel de tiempos de fabricación, como tangibles (operarios, contenedores, euros....).



## 9.2. Ahorros de tiempos gracias al LEAN-Manufacturing

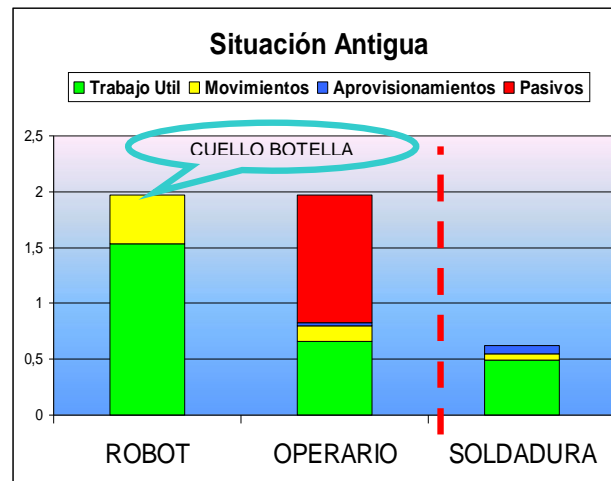
### 9.2.1. Proceso antiguo

Primeramente, se mostrara los tiempos de proceso (en minutos) del proceso antiguo.

TABLA DE TIEMPOS PROCESO ANTIGUO (MIN)			
	ROBOT	OPERARIO*	SOLDADURA**
Trabajo útil	1,535	0,66	0,49
Movimientos	0,431	0,135	0,06
Aprovisionamientos	0	0,036	0,072
Pasivos	0	1,135	0
Acumulado	1,966	1,966	0,622

\* Operario de la instalación robotizada. \*\* Operario de la soldadora fija

Tabla 9.2 Tiempo de proceso antiguo



Grafica 9.1 Tiempos de la situación antigua instalación

En el proceso antiguo, había primero un operario que trabajaba de manera independiente en la soldadora fija. Después, había un segundo operario que trabajaba en la instalación robotizada. Observando el gráfico, se ve, que el operario de la soldadora fija no tiene pasivos (tiempo sin hacer nada), ya que no depende de nada (robot) para ir trabajando. Sin embargo, el pasivo del operario de la instalación es enorme, debido a que hasta que el robot no pare lo único que puede hacer es colocar la masilla verde en las placas que están soldadas a los refuerzos de bisagra, puesto que el robot es el **cuello de botella de la instalación** (el cuello de botella de una instalación es aquel elemento u operación que hasta que no acabe el resto no puede continuar.)

Más tarde, coloca sobre el útil del robot las bisagras con placas (que le vinieron hechas) junto con su masilla verde y el esqueleto del conjunto traviesa techo y coge la pieza anterior

que le ha dejado el robot para colocarla en su contenedor, mientras este (el robot) esta ya soldando la nueva. El resto del tiempo, mientras el robot va soldando, lo único que puede hacer es esperar. La peor circunstancia de todas, es que el pasivo del operario, como se puede ver en la tabla 9.4 es del 1,135 minutos.

### 9.2.2. Proceso nuevo

A continuación, se mostrara los tiempos de proceso (en minutos) del nuevo proceso.

TABLA DE TIEMPOS PROCESO NUEVO (MIN)		
	ROBOT	OPERARIO*
Trabajo útil	1,535	1,15
Movimientos	0,431	0,195
Aprovisionamientos	0	0,088
Pasivos	0	0,533
Acumulado	1,966	1,966

\* Operario de la instalación

Tabla 9.2 Tiempos del nuevo proceso

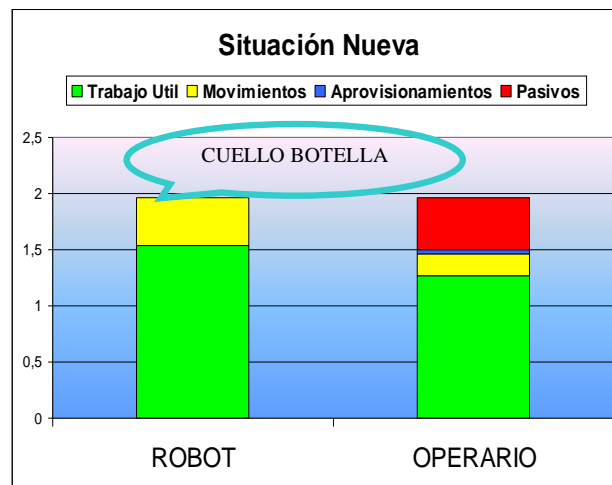


Gráfico 9.2 Tiempos de la nueva situación

El nuevo proceso es exactamente como el anterior, solo que se aprovecha el gran pasivo que tenía el operario de la instalación robotizada, para añadirle la operación de soldadura manual (ahora el operario de la instalación robotizada realiza las dos tareas). Como se puede observar comparando los gráficos 9.1 y 9.2 la operación de soldado manual, se puede asignar perfectamente al operario de la instalación robotizada, sin que este influya en absoluto en el tiempo de fabricación de la instalación.

Sin embargo, aunque con esta acción no se consigue disminuir el tiempo ciclo del conjunto (travesía de techo) en la instalación robotizada (como se puede observar en el gráfico 9.2 y



en la tabla 9.2 comparada con tabla 9.1) puesto que el cuello de botella era el robot y ahora sigue siendo el robot. No obstante y este es el punto a destacar, lo que si se consigue es una reducción en el tiempo de fabricación.

	Situación Antigua (min)		Situación Nueva(min)	
	Tiempo instalación	Operario	Tiempo instalación	Operario
Instalación	1,966	1	1,966	1
Soldadora	0,622	1		
TOTAL	2,588		1,966	

*Tabla 9.3 Mejora del tiempo de fabricación*

Por lo tanto vemos que:

- Tiempo fabricación travesía techo con proceso antiguo: 2,588 minutos
- Tiempo fabricación travesía techo con proceso nuevo : 1,966 minutos

En efecto, anteriormente, primero había un operario que trabajaba en una soldadora fija y después otro que trabajaba en la instalación robotizada. Ahora al haber unido las dos operaciones en una, se ha conseguido un **ahorro en el tiempo de fabricación del 24%**. Este tiempo de fabricación supone un ahorro económico, a parte de otros ahorros.

En el siguiente apartado, se mostrará, todos los ahorros conseguidos

### **9.2.3. Ahorros tangibles**

En este apartado se analizará todos aquellos ahorros producidos debido a la mejora de la instalación. Estos son:

- Económicos, debido a tiempos.
- Operarios.
- Contenedores.
- Espacios y organizativos.
- Logísticos.

Realmente, si se es estricto, todos los ahorros expuestos que se han conseguido, acaban repercutiendo en un ahorro económico. Sin embargo, solo se ha hecho hincapié en que hay ahorro económico debido a tiempos, cuando se podría considerar que también hay ahorro económico debido los otros puntos, debido a que los otros ahorros son aprovechados para

otras instalaciones, por tanto, no se considera como ahorro económico. A continuación se expondrá los diferentes ahorros.

### 9.2.3.1. Ahorro económico debido a tiempos

Sabiendo que se han planificado construir 28513 unidades del modelo VL-238 para el próximo año (y por lo tanto de traviesas de techo) y sabiendo que una **hora de fabricación** para este conjunto concreto le cuesta a la empresa **27,80 €**, se consigue un ahorro de:

Coste fabricación inicial

$$\frac{2,588 \text{ min}}{1 \text{ traviesa}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{27,80 \text{ €}}{1 \text{ h}} \times \frac{28513 \text{ traviesas}}{\text{año}} = \frac{34190,13 \text{ €}}{\text{año}} \quad (\text{Ecuación 9.1})$$

$$\text{Ahorro} \rightarrow 34190,13 \times 0,24 = 8205,63 \text{ € / año} \quad (\text{Ecuación 9.2})$$

En efecto, la reducción de tiempo de fabricación del 24% provoca un ahorro anual de 8205,63 €/año. Destacar, que aunque parezca un ahorro económico pequeño, hay dos aspectos: que faltaría añadir el ahorro económico por otros aspectos (cosa que no se hará), y que un vehículo esta compuesto de 150 claves (aproximadamente), luego si se consiguiera ahorros similares para todas las instalaciones de una fabrica, el ahorro seria considerable.

### 9.2.3.2. Otros ahorros

En toda esta operación se ahorra: 1 operario, 4 contenedores universales, 20m<sup>2</sup> de espacio en fábrica y facilidad en la gestión de piezas en la fábrica.



## **10. Estudio del impacto medioambiental**

En todo proyecto es necesario un estudio sobre posibles impactos ambientales del mismo, ya sea en su fase de planificación o en su fase de ejecución. En este sentido, el impacto medioambiental de la planificación de este proyecto es mínimo, ya que en su realización se utilizan soportes informáticos, y solamente se elaboran documentos físicos (en papel) para aquellos datos de especial relevancia.

En cuanto a la logística se utilizan: Carretillas y un ferrocarril. Ambos son eléctricos, por lo tanto su impacto medioambiental es nulo, si no se tiene en cuenta de que quizás la energía eléctrica con la que funcionan, proviene de una central térmica, la cual si contamina.

En cuanto a los conjuntos, aquellos que no pasan los controles de calidad, van a parar a la trituradora. Esta trituradora de metales, destruye los conjuntos transformándolos en cubos, los cuales una empresa se lleva para fundirlos y venderlos como laminas de metal.

El único aspecto realmente contaminante de este proyecto, seria el humo (casi imperceptible, poca cantidad) que sale de de los conjuntos debido a la soldadura de proyección (por puntos) que realizan los robots de las instalaciones. No obstante, cabe decir, que el impacto medioambiental que este humo produce es negligible. Por lo tanto, no es tenido en cuenta como contaminante medio ambiental.



## 11. Presupuesto

### 11.1. Premisas iniciales. Coste MOD y MOI

Como se sabe, en el mundo industrial, un proyecto, por muy bueno que sea y por mucho potencial que tenga, solo se acabará realizando si y solo si se espera obtener un beneficio económico. Para obtener un beneficio económico, se necesitan básicamente dos cosas: vender el producto por el mayor precio posible y que este sea superior a los costes de fabricación, logísticos, etc. (los cuales deben ser los más bajos posibles).

En el caso que concierne este proyecto, al ser solo nueve conjuntos separados y no un producto acabado, lo único que preocupa es conseguir construir estos 9 conjuntos con el menor coste unitario posible. Al estar en competencia con la Fabrica A para la adjudicación de estos nueve conjuntos, este coste unitario, no solo debe ser lo mas bajo posible, sino que también debe ser inferior al coste unitario por pieza que proponga la Fabrica A.

También se ha de tener en cuenta la inversión inicial que se debe realizar para construir las instalaciones. Puesto que si este es muy superior al que proponga la Fabrica A, difícilmente se conseguirá un coste de fabricación inferior al de la Fabrica A por muy bien definido que este el proceso y por muy rápido que se hagan las piezas. Además, aunque se consiguiera un coste de fabricación unitario inferior, el cual hiciera (por ejemplo) que en 15 años saliese mas barato construirlas en la Fabrica B, difícilmente se justificaría el realizar una inversión inicial, muy superior a la de la otra fabrica para obtener un gasto inferior al cabo de 15 años y más sabiendo que la vida de un vehículo puede durar tan solo 5 años, si este fracasara, por lo que el modelo se dejaría de fabricar y jamás se acabaría amortizando este dinero.

Hay que destacar, que para conseguir que el coste de fabricación de un producto sea lo mas bajo posible, se ha de reducir el coste en muchos puntos, por ejemplo: en la contratación de mano de obra la mas barata posible, en negociar con los proveedores reducción en el precio de los materiales, en no necesitar alquilar una nave extra....

Como se observa, se pueden realizar economías en muchos aspectos. No obstante, cabe remarcar y recordar, que la Fabrica A y la Fabrica B pertenecen a la misma empresa, TEAS. Por lo tanto, en cuanto al coste de un operario, este será el mismo para una fábrica, como para la otra, ya sea mano de obra directa (MOD), o mano de obra indirecta (MOI). Esto es debido, a que la empresa junto a los sindicatos, es la que fija los sueldos de los trabajadores



que están dentro del convenio (es decir, todos aquellos que no sean ni mandos, ni ejecutivos ni directores...).

Obviamente, una cosa es el sueldo que percibe el trabajador y otra cosas es el gasto que debe realizar la empresa para pagarle, es decir lo que le cuesta a la empresa debido a los diferentes impuestos. A continuación se muestra lo que les cuesta a la empresa TEAS, un trabajador, según la función que desempeña y del turno en que trabaja.

<b>COSTE ANUAL PARA LA EMPRESA EN € SEGÚN EL TIPO DE TRABAJADOR</b>			
	Turno de mañana (6h a 14h)	Turno de tarde (14h a 22h)	Turno de noche (22h a 6h)
<b>MOD</b>	31.000 €	31.000 €	35.000 €
<b>MOI</b>	34.000 €	34.000 €	38.000 €

*Tabla 11.1 Coste anual de un trabajador según tipo y turno*

Como ya se ha comentado, no hay posibilidad de contratar trabajadores más baratos que la Fábrica A, puesto que es la empresa quien lo hace por las dos y aun precio fijado. Sin embargo, observando bien la tabla 11.1, no es lo mismo tener que trabajar durante el turno de noche, que trabajar durante los turnos de mañana y tarde. Así como tampoco es lo mismo tener que realizar muchos desplazamientos (debido a contenedores pequeños) y grandes distancias, que al contrario. Esto es así, puesto que para los desplazamientos logísticos, se necesitan operarios que manejen carretillas, y esto es un MOI.

Por lo tanto, a priori, como ya se sabía esto, en el diseño del proceso de fabricación de piezas, siempre se ha intentado que este sea el mas rápido posible, con el fin de que la previsión diaria de 350 piezas al día se pueda realizar durante los turnos de mañana/ tarde y conseguir así, que el coste unitario por pieza sea menor. También, se ha diseñado el proceso de tal manera que los operarios de carretilla intervengan lo menos posible con el fin de no aumentar el coste unitario de las piezas debido a desplazamientos logísticos. Debido a que se esta trabajando siempre en minutos, a continuación se mostrara el coste por minuto del MOD y del MOI, con el fin de ver mas claramente la diferencia de trabajar con uno o con el otro.

<b>COSTE POR MINUTO PARA LA EMPRESA EN € SEGÚN EL TIPO DE TRABAJADOR</b>			
	Turno de mañana (6h a 14h)	Turno de tarde (14h a 22h)	Turno de noche (22h a 6h)
<b>MOD</b>	0,2583 €/min	0,2583 €/min	0,2917 €/min
<b>MOI</b>	0,2833 €/min	0,2833 €/min	0,3167 €/min

*Tabla 11.2 Coste por minuto de un trabajador según turno y tipo*

Para estos cálculos, se ha tenido en cuenta que: 1 hora son 60 minutos, que un turno son 8 horas (a pesar del descanso de 30 minutos, el cual esta pagado) y que un trabajador de un turno cualquiera trabaja 250 días al año.

## 11.2. Cálculo del coste unitario de los conjuntos

A continuación se calcula el coste unitario de cada conjunto (con IVA). Se tendrá en cuenta:

- la inversión inicial a realizar (para calcular la amortización)
- el coste de las piezas que trae el proveedor.
- el coste que se le imputara a la pieza debido a la mano de obra directa (MOD)
- el coste de los desplazamientos logísticos (MOI).
- el coste de la energía.

### 11.2.1. Inversión inicial y amortización

La inversión inicial, es aquella que se debe de realizar para construir las instalaciones. Es uno de los aspectos más importantes a la hora de calcular el coste unitario de cada uno de los conjuntos ya que sirve para imputar la **amortización** al coste unitario de los conjuntos. Según la política de la empresa, la amortización de la maquinaria no pesada (es decir, todo lo que no sean prensas), se debe realizar **en 10 años**. Dicho todo esto se mostrara a continuación, la inversión inicial que se debe realizar para cada una de las instalaciones (para ver la justificación de los costes de cada instalación, ir a Anexo-D).

Nº	CLAVE	NOMBRE	INSTALACIÓN	INVERSION INSTALACIÓN
1	7R1.921.280/1	Montante 'A' Inferior Superior Izquierdo/Derecha	A	282.687 €
2	7R1.913.234/5	Montante 'A' Interior Inferior Izquierdo/Derecha		
3	7R1.924.442	Refuerzo Faldón Superior	B	186.478 €
4	7R1.921.246/7	Subconjunto Larguero Superior Exterior Izquierdo/Derecha	C	68.600 €
5	7R1.928.128	Revestimiento techo abrible	D	408.702 €
6	7R1.910.962	Pasarruedas Posterior Izquierdo	E	1.021.720 €
7	7R1.910.963	Pasarruedas Posterior Derecho		
8	7R1.910.510/1	Pasarruedas Posterior Externo Izquierdo/Derecha	F	392.000 €
9	7R1.910.166/7	Traviesa posterior Izquierdo/Derecho	G	281.400 €

<b>INVERSION TOTAL INICIAL INSTALACIONES</b>	<b>2.641.587 €</b>
--	--------------------

Tabla 11.3 Inversión total



Así pues **2.641.587€** es la inversión inicial que se deberá hacer en instalaciones (IVA incluido). En este precio/coste, incluye tanto el material de las instalaciones como la construcción de las instalaciones por parte de una empresa especializada (el coste de la construcción esta incluido en “célula estándar con nidos”). Hay que decir, que no se ha considerado ni el precio de los contenedores universales (puesto que la Fabrica-B tiene centenares de ellos) ni el precio de las estantería-trilogic (puesto que este son de 30 euros la unidad, luego, son negligibles). Destacar, que la Fabrica-B dispone de sus propios terrenos, por los que no debe realizar ningún alquiler. A continuación se calculara la amortización que se realizará, sabiendo que se fabricara 350 coches al día para 250 días al año, lo que implica una fabricación de 87500 coches al año.

Nº	CLAVE	INSTALACIÓN	INVERSION INSTALACIÓN	% USO	INVERSIÓN POR CLAVE	AMORTIZACIÓN 1 CLAVE (87500 COCHES AÑO)	
1	7R1.921.280/1	A	282.687 €	55,40%	78.304,30 €	0,89 €	0,89 €
2	7R1.913.234/5			44,60%	63.039,20 €	0,72 €	0,72 €
3	7R1.924.442	B	186.478 €	100%	186.478,00 €	2,13 €	
4	7R1.921.246/7	C	68.600 €	100%	34.300,00 €	0,39 €	0,39 €
5	7R1.928.128	D	408.702 €	100%	408.702,00 €	4,67 €	
6	7R1.910.962	E	1.021.360 €	50%	510.860,00 €	5,84 €	
7	7R1.910.963			50%	510.860,00 €	5,84 €	
8	7R1.910.510/1	F	392.000 €	100%	196.000,00 €	2,24 €	2,24 €
9	7R1.910.166/7	G	281.400 €	100%	140.700,00 €	1,61 €	1,61 €

*Tabla 11.42 Amortización*

### 11.2.2. Coste de las piezas que trae el proveedor

El proveedor se encuentra a unos 150 km de la Fabrica A y 140 km de la Fabrica B. No obstante, puesto que esta diferencia en el transporte de piezas es muy pequeño para el proveedor, cobra las piezas al mismo precio tanto a la Fabrica A como a la B.

Este proveedor, es el que se encargaría de estampar con sus prensas las piezas (que luego se soldaran para obtener los conjuntos) así como de abastecer de tuercas, tornillos, etc. A continuación, el precio unitario de las piezas que trae el proveedor, los cuales tienen el IVA incluido (ver en Anexo-A la imagen de estas).

COSTE UNITARIO PIEZAS DEL PROVEEDOR				
Nº	CLAVE (CONJUNTO)	CLAVE PIEZA	COSTE UNITARIO PARA CADA CLAVE	
1	7R1.921.280/1	7R1.910.318/9	2,45 €	2,45 €
		N.905.487.13	0,04 €	
		7R1.928.074/5	0,76 €	0,76 €
		7R1.910.678/9	0,58 €	0,58 €
		7R1.910.696/7	0,61 €	0,61 €
2	7R1.913.234/5	7R1.913.236/7	0,41 €	0,41 €
		7R1.066.744	0,12 €	
		N.905.187.04	0,04 €	
		7R1.910.258/9	0,34 €	0,34 €
3	7R1.924.442	7R1.924.444	3,52 €	
		1J0.915.300	0,34 €	
		7R1.924.552	0,38 €	
		5N0.924.854	0,29 €	
4	7R1.921.246/7	7R1.921.254/5	3,28 €	3,28 €
		N.021.267.6	0,05 €	
5	7R1.928.128	7R1.928.222	7,98 €	
6	7R1.910.962	7R1.921.536	8,92 €	
		7R1.921.894	1,52 €	
		7R1.913.202	1,23 €	
		7R1.913.458	0,29 €	
7	7R1.910.963	7R1.921.537	8,92 €	
		7R1.921.895	1,51 €	
		7R1.913.203	1,23 €	
		7R1.910.459	0,29 €	
		7R1.913.795	0,08 €	
8	7R1.910.510/1	7R1.910.523/4	7,25 €	7,25 €
		7R1.904.592/3	0,24 €	0,24 €
9	7R1.970.166/7	7R1.971.328/9	2,35 €	2,35 €
		7R1.972.982	0,12 €	
		7R1.972.310/1	0,42 €	0,42 €
		7R1.974.304/5	0,40 €	0,40 €

Tabla 11.5 Coste unitario del proveedor

Una vez visto los precios unitarios de las piezas que conforman cada conjunto, véase el coste unitario de un conjunto, debido al coste unitario de las piezas que trae el proveedor.



<b>COSTE UNITARIO CONJUNTOS DEBIDO PIEZAS PROVEEDOR</b>			
Nº	CLAVE (CONJUNTO)	COSTE UNITARIO CLAVE	
1	7R1.921.280/1	4,44 €	4,44 €
2	7R1.913.234/5	0,91 €	0,91 €
3	7R1.924.442	5,84 €	
4	7R1.921.246/7	3,58 €	3,58 €
5	7R1.928.128	7,98 €	
6	7R1.910.962	11,96 €	
7	7R1.910.963	12,03 €	
8	7R1.910.510/1	7,49 €	7,49 €
9	7R1.970.166/7	3,41 €	3,41 €

Tabla 11.6 Coste unitario conjuntos debido piezas

### 11.2.3. Coste de la mano de obra directa (MOD)

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es la MOD. Hay que multiplicar el tiempo ciclo para realizar un conjunto, por el coste del operario de la instalación según en la franja horaria (turno) en que trabaje y hacer una media. Valorar, que hay conjuntos que tienen mano izquierda y derecha. Por lo tanto, para estas no se considerara el tiempo ciclo de la instalación (conjunto) sino el tiempo coche. Para aquellas que no tengan mano doble, también se considerara el tiempo coche (que en este caso seria también el tiempo ciclo).

<b>DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA UNA DEMANDA DE 350 COCHES/DIA</b>					
Nº	CONJUNTO (Clave)	T.Coche total (min)	Coches T.mañana	Coches T.tarde	Coches T.noche
1	7R1.921.280/1	1,640	152	152	46
2	7R1.913.234/5	1,320	152	152	46
3	7R1.924.442	2,410	186	164	0
4	7R1.921.246/7	1,840	244	106	0
5	7R1.928.128	5,900	76	29	0
6	7R1.910.962	1,467	306	44	0
7	7R1.910.963	1,520	296	54	0
8	7R1.910.510/1	2,520	178	172	0
9	7R1.970.166/7	2,740	164	164	22

Tabla 11.7 Distribución de los coches a fabricar

<b>COSTE POR MINUTO PARA LA EMPRESA EN € DE LA MOD</b>			
	Turno de mañana (6h a 14h)	Turno de tarde (14h a 22h)	Turno de noche (22h a 6h)
<b>MOD</b>	0,2583 €/min	0,2583 €/min	0,2917 €/min

Tabla 11.8 Coste €/min de la MOD según turno

Una vez mostradas estas dos tablas se multiplicara el turno de fabricación, por tiempo coche y los coches que se hacen en cada turno, para obtener el coste a imputar a las claves.

<b>COSTE A IMPUTAR A LAS CLAVES REALIZADOS DEBIDO MOD SEGUN TURNO DE FABRICACIÓN</b>							
Nº	CONJUNTO (Clave)	Coste toda claves mañana		Coste todas claves tarde		Coste todas claves noche	
1	7R1.921.280/1	32,19 €	32,19 €	32,19 €	32,19 €	11,00 €	11,00 €
2	7R1.913.234/5	25,91 €	25,91 €	25,91 €	25,91 €	8,86 €	8,86 €
3	7R1.924.442	115,79 €		102,09 €		0,00 €	
4	7R1.921.246/7	57,98 €	57,98 €	25,19 €	25,19 €	0,00 €	0,00 €
5	7R1.928.128	115,82 €		44,20 €		0,00 €	
6	7R1.910.962	115,95 €		16,67 €		0,00 €	
7	7R1.910.963	116,21 €		21,20 €		0,00 €	
8	7R1.910.510/1	57,93 €	57,93 €	55,98 €	55,98 €	0,00 €	0,00 €
9	7R1.970.166/7	58,03 €	58,03 €	58,03 €	58,03 €	8,79 €	8,79 €

Tabla 11.9 Coste a imputar a los conjuntos que se hacen en cada turno del AC-157

Hay que destacar de esta tabla 11.8, que el coste que hay en un recuadro, equivale al coste de todas las claves que se hacen de un mismo tipo, que se fabrican en esa franja horaria. Por ejemplo, 32,19€ (primer recuadro), cuesta hacer los 152 conjuntos de la clave 7R1.921.280 y 32,19€ (segundo recuadro) cuesta hacer los 152 conjuntos de la clave 7R1.921.281. Luego a la hora de realizar la media hay que tener en cuenta los 32,19€ de la clave 7R1.921.280 así como los 32,19€ de la clave 7R1.921.281. Y así sucesivamente, para el resto de claves dobles. Dicho todo esto, se calcula el coste unitario que se debe imputar a cada clave debido a MOD, teniendo en cuenta en los turnos que se trabaja.

<b>COSTE UNITARIO A IMPUTAR A CADA CLAVE DEBIDO MOD</b>			
Nº	CLAVES	COSTE MOD POR CLAVE	
1	7R1.921.280/1	0,22 €	0,22 €
2	7R1.913.234/5	0,17 €	0,17 €
3	7R1.924.442	0,62 €	
4	7R1.921.246/7	0,24 €	0,24 €
5	7R1.928.128	0,46 €	
6	7R1.910.962	0,38 €	
7	7R1.910.963	0,39 €	
8	7R1.910.510/1	0,33 €	0,33 €
9	7R1.970.166/7	0,36 €	0,36 €

Tabla 11.10 Coste a imputar a las claves que se hacen en cada turno del AC-157

#### 11.2.4. Coste de desplazamientos logísticos

Habría que tener en cuenta cuatro desplazamientos logísticos:



- 1)-El de llevar los contenedores universales del camión a los supermercados y/o pulmones.
- 2)-El de las piezas que se desplazan desde el supermercado a las instalaciones mediante tren con vagones-trilogic (y precio del tren).
- 3)-El de llevar los conjuntos de las instalaciones al ferrocarril.
- 4)-El coste asociado al alquiler del ferrocarril y su desplazamiento.

En cuanto al coste de 1), las piezas llegan de los camiones en contenedores universales, en los cuales la cantidad de piezas es de 500 por contenedor (de media, aunque a veces hay mas de 5000 y a veces menos de 100, depende de la pieza). Un operario de carretilla, necesita unos 2 minutos de media para transportar un contenedor desde el camión hasta el supermercado o pulmón. Luego este tiempo supone unitariamente (por pieza).

$$2 \text{ min} / 500 \text{ pieza} = 0,004 \text{ min} / \text{pieza} = 0,24 \text{ seg} / \text{pieza} \quad (\text{Ecuación 11.1})$$

Este tiempo (0,24seg/pieza), es el tiempo que unitariamente le corresponde a una pieza. Se sabe que a un tiempo, le corresponde un coste, el cual se debe imputar a la pieza. Se sabe también debido a la tabla 11.2, que un minuto de un MOI (operario de carretilla) oscila entre 0,2583€/minuto y los 0,2917€/minuto. Luego, cogiendo el coste más alto se obtiene.

$$0,24 \text{ seg} / \text{pieza} * 0,2917 \text{ €/ min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,00116 \text{ €/ pieza} \quad (\text{Ecuación 11.2})$$

Sabiendo que una clave de media esta formado por 4 piezas se obtiene:

$$0,00116 \text{ €/ pieza} * 4 \text{ piezas} / \text{conjunto} = 0,0046672 \text{ €/ clave} \quad (\text{Ecuación 11.3})$$

Por lo tanto 0,0046672€ es el coste que se le debería imputar a cada conjunto en el coste unitario de la pieza, por concepto de llevado de contenedores universales del camión al supermercado.

En cuanto al coste 2), se ha de tener en cuenta que el tren, transporta del orden de 20000 piezas en 2h (para todas las claves de la fábrica). Entonces se tendría:

$$120 \text{ min} / 20000 \text{ pieza} = 0,006 \text{ min} / \text{pieza} \quad (\text{Ecuación 11.4})$$

$$0,006 \text{ min} / \text{pieza} * 0,2917 \text{ €/ min} * 4 \text{ piezas} / \text{clave} = 0,007 \text{ €/ clave} \quad (\text{Ecuación 11.5})$$

Queda solo el coste de la carretilla el cual es de 0€ ya que la fabrica ya la tiene de hace muchos años (ya esta amortizada).



En cuanto a 3) (llevar piezas a ferrocarril), se dijo en apartado 7.3.1 que de las instalaciones a expediciones se imputa 0,6 segundos por clave y en apartado 7.3.2 se dijo que se imputan otros 0,6 segundos por conjunto debido al llevado de claves de expediciones a ferrocarril, así pues.

$$1,2 \text{ segundos} / \text{clave} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * 0,2917 \text{ €/ min} = 0,005834 \text{ €/ clave} \quad (\text{Ecuación 11.6})$$

En cuanto a 4), coste del alquiler del ferrocarril, este no concierne a la Fábrica-B puesto que esta pagado con el presupuesto de la empresa 'TEAS' para que haya comunicación entre las dos fábricas. Además, este tren va de una fábrica a otra periódicamente cada tres horas, este el tren lleno o vacío. Por lo tanto, no se imputa ningún coste a las piezas debido a este concepto puesto que la Fábrica-B no paga nada de su presupuesto.

Llegados a este punto, se realiza la suma de los coste logísticos obtenidos unitariamente por clave, para obtener el coste unitario por clave, debido a logística (y a la postre el coste unitario del conjunto). Se observa, que este coste es de 1,7 céntimos de Euro (se le suma resultados de ecuaciones 11.3, 11.5, 11.6). No obstante, este coste, ha sido mayorizado (normalmente una clave no esta compuesto de 4 piezas sino que menos, el tren de vagones-trilogic lleva más piezas que 20000...). Por lo tanto es probable, que el coste real que se le debería imputar a los **conjuntos debido a la logística** debería ser **un céntimo del euro**. Por lo tanto, se decide imputar 1 céntimo de euro.

#### 11.2.5. Coste de la electricidad y del agua.

Las instalaciones (los robots de estas) necesitan electricidad y agua para funcionar. Se sabe que una instalación con un robot (mas resto de elementos) consume 20 Kwh de electricidad en una hora y 0,420 m<sup>3</sup> de agua a la hora, de media (y este es el dato que se aceptará), sabiendo esto, se multiplican estos datos por el numero de robots que realizan una clave, por el numero de horas que trabajan para hacer las 350 unidades de una clave, por el consumo de Kwh (para la electricidad) o m<sup>3</sup> (para el agua) y esto multiplicado por su tarifa. **La Fábrica B paga el Kwh a 0,0932 € y el m<sup>3</sup> de agua a 2,430 € (IVA Incluido).** Sabiendo que como excepción el conjunto 7R1.921.246/7 tiene dos soldadoras fijas que consumen como medio robot y el conjunto 7R1.928.128 tiene dos robots que consumen como 3, se obtiene la siguiente tabla (la justificación de los costes, en Anexo-E):



COSTE UNITARIO A IMPUTAR A LAS CLAVES DEBIDO GASTOS ENERGETICOS			
Nº	CLAVE	COSTES UNITARIOS DEBIDO ENERGIA	
1	7R1.921.280/1	0,04 €	0,04 €
2	7R1.913.234/5	0,03 €	0,03 €
3	7R1.924.442	0,11 €	
4	7R1.921.246/7	0,02 €	0,02 €
5	7R1.928.128	0,85 €	
6	7R1.910.962	0,14 €	
7	7R1.910.963	0,14 €	
8	7R1.910.510/1	0,06 €	0,06 €
9	7R1.970.166/7	0,06 €	0,06 €

Tabla 11.11 Coste a imputar a las claves que se hacen debido energía

### 11.2.6. Resultado del coste unitario de cada conjunto

Finalmente, y una vez calculados todos los coste que se le deben imputar a las claves de manera unitaria, véase el coste final unitario desglosado para cada clave.

COSTE UNITARIO TOTAL DE LAS CLAVES DESGLOSADO											
Nº	CLAVE (CONJUNTO)	AMORTIZAC.		COSTES PROVEEDOR		COSTE MOD		COSTE LOGISTICA		COSTE ENERGIA	
1	7R1.921.280/1	0,89 €	0,89 €	4,44 €	4,44 €	0,22€	0,22€	0,01 €	0,01 €	0,04€	0,04€
2	7R1.913.234/5	0,72 €	0,72 €	0,91 €	0,91 €	0,17€	0,17€	0,01 €	0,01 €	0,03€	0,03€
3	7R1.924.442	2,13 €		5,84 €		0,62 €		0,01 €		0,11 €	
4	7R1.921.246/7	0,39 €	0,39 €	3,58 €	3,58 €	0,24€	0,24€	0,01 €	0,01 €	0,02€	0,02€
5	7R1.928.128	4,67 €		7,98 €		0,46 €		0,01 €		0,85 €	
6	7R1.910.962	5,84 €		11,96 €		0,38 €		0,01 €		0,14 €	
7	7R1.910.963	5,84 €		12,03 €		0,39 €		0,01 €		0,14 €	
8	7R1.910.510/1	2,24€	2,24€	7,49 €	7,49 €	0,33€	0,33€	0,01 €	0,01 €	0,06€	0,06€
9	7R1.970.166/7	1,61 €	1,61 €	3,41 €	3,41 €	0,36€	0,36€	0,01 €	0,01 €	0,06€	0,06€

Tabla 11.12 Coste unitario de las claves del AC-157 desglosado

Finalmente, se obtiene el coste unitario de cada conjunto, en la siguiente tabla. En ella, se podrá apreciar tanto la suma de las diferentes imputaciones (es decir, el coste unitario de una clave) como el coste del conjunto.

COSTE UNITARIO TOTAL DE LOS CONJUNTOS				
Nº	CLAVE CONJUNTO	COSTE UNITARIO CLAVE		COSTE UNITARIO CLAVE
1	7R1.921.280/1	5,60 €	5,60 €	<b>11,20 €</b>
2	7R1.913.234/5	1,84 €	1,84 €	<b>3,68 €</b>
3	7R1.924.442	8,71 €		<b>8,71 €</b>
4	7R1.921.246/7	4,24 €	4,24 €	<b>8,48 €</b>
5	7R1.928.128	13,97 €		<b>13,97 €</b>
6	7R1.910.962	18,33 €		<b>18,33 €</b>
7	7R1.910.963	18,41 €		<b>18,41 €</b>
8	7R1.910.510/1	10,13 €	10,13 €	<b>20,26 €</b>
9	7R1.970.166/7	5,45 €	5,45 €	<b>10,29 €</b>

*Tabla 11.13 Coste unitario de las 9 conjuntos del AC-157*

Así pues, ya se sabe, el coste unitario de cada uno de los conjuntos (IVA incluido), y la inversión inicial a realizar, la cual es de **2.641.587 €** (IVA incluido). Estos dos datos serán técnicamente los dos únicos datos que se presentaran y competirán con los mismos datos pero de la Fábrica A, con el objetivo de convencer a los altos directivos de 'TEAS' de que adjudiquen los nueve conjuntos solicitados, a la Fábrica B.





## Conclusiones

Después de los análisis realizados a nivel de procesos, tiempos, organización, logística y de calidad, se obtiene finalmente un **presupuesto** de lo que costaría construir las instalaciones necesarias para fabricar **9 de los conjuntos del AC-157**, así como también se obtiene una estimación del coste unitario de fabricación de los conjuntos.

Como ya se ha comentado, el coste unitario, depende (aparte de otros factores) de los procesos y de los tiempos, los cuales se deberán revisar en caso de que los conjuntos sean finalmente adjudicados.

Destacar también como la filosofía LEAN-Manufacturing, nacida del Toyotismo, puede conseguir grandes reducciones en los costes de fabricación mediante acciones y mejoras, nacidas muchas de ellas, del sentido común. Esta filosofía, no solo se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar el proyecto, sino que también se aplicaría en el mismo momento en que se viera una mejora en las instalaciones, una vez que estas estuvieran construidas.

Así pues, lo único que queda es **presentar el presupuesto** y esperar a que el comité presidencial de la empresa otorgue los conjuntos a la Fábrica B.

No obstante, cabe destacar que en el mundo actual, a la hora de conseguir proyectos, en ocasiones, no es suficiente con presentar el mejor proyecto y el más económico. Lamentablemente, a veces, los diferentes factores sociales y políticos existentes, prevalecen sobre el mejor proyecto a la hora de realizar las adjudicaciones.





## Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a Josep Marsol, por haberme dado la oportunidad de poder realizar las prácticas en SEAT S.A. y por haberme guiado en todo momento como mi tutor en la empresa, no solo en la realización de este proyecto sino que también en lo relativo a mi estancia en SEAT S.A.

Agradecer a Francisco Pérez, con el que he estado trabajando en estrecha colaboración, ayudándole en la realización de este proyecto. Gracias a él, he adquirido muchísimos conocimientos sobre el funcionamiento de una fábrica. Conocimientos muchos de ellos, solo posibles de aprender en el trabajo.

A Damián Ranchal, por haberme ayudado absolutamente siempre que lo he necesitado, ya no solo en este proyecto, sino en otros realizados en la empresa, así como también a nivel personal. A Aníbal Iskandar y Oscar Oteruelo por todo el apoyo y ánimos que me han dado así como toda la gente del departamento de Ingeniería Industrial y Procesos.

También dar las gracias a SEAT S.A. por el permiso de publicación de las imágenes que se muestran en este proyecto.

Finalmente, agradecer a mi Tutor en la ETSEIB, el Sr. José María Ibáñez Giner, por todo el tiempo y apoyo que me ha dedicado, incluso en los momentos mas complicados. Sin su ayuda, no hubiera sido posible la realización de este proyecto.

Gracias a estas prácticas, no solo he podido profundizar en conocimientos adquiridos durante la carrera sino que también he obtenido nuevos conocimientos relativos al funcionamiento de una fábrica del sector del automóvil, sector en el cual me gustaría trabajar en el momento en que me incorpore al mercado laboral.

A mis padres.







## Bibliografía

Debido a la naturaleza del proyecto, en que casi todos los conceptos y técnicas provienen del conocimiento empírico de la empresa y sus trabajadores, el único documento consultado ha sido el siguiente:







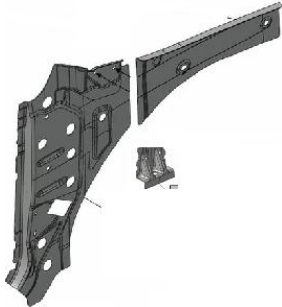




[1] Ministerio de Trabajo e Inmigración. *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas*. Páginas 44-48.

[<http://www.insht.es/portal/site/Insht/>] fecha de consulta: 30 de septiembre de 2009]
















**Anexo-A. Identificación de los conjuntos y sus piezas**

Nº	CLAVE CONJUNTO	IMAGEN CONJUNTO	CLAVE PIEZA	IMAGEN PIEZA	CANTIDAD	MC	CATG.
1	7R1.921.280/1		7R1.910.318/9		1	NO	-
			N.905.487.13		1	SI	A
			7R1.928.074/5		1	SI	C
			7R1.910.678/9		1	SI	C
			7R1.910.696/7		1	SI	C
2	7R1.913.234/5		7R1.913.236/7		1	NO	-
			7R1.066.744		1	SI	B
			N.905.187.04		2	SI	A
			7R1.910.258/9		1	SI	C

3	7R1.924.442		7R1.924.444		1	NO	-
			1J0.915.300		4	SI	B
			7R1.924.552		1	SI	B
			5N0.924.854		2	SI	B
4	7R1.921.246/7		7R1.921.254/5		1	NO	-
			N.021.267.6		6	SI	A
5	7R1.928.128		7R1.928.222		1	NO	-

6	7R1.910.962		7R1.921.536		1	NO	-
			7R1.921.894		1	NO	-
			7R1.913.202		1	SI	C
			7R1.913.458		1	SI	B
7	7R1.910.963		7R1.921.537		1	NO	-
			7R1.921.895		1	NO	-
			7R1.913.203		1	SI	C
			7R1.910.459		1	SI	B
			7R1.913.795		1	SI	A

8	7R1.910.510/1		7R1.910.523/4		1	<b>NO</b>	-
			7R1.904.592/3		1	<b>SI</b>	B
9	7R1.970.166/7		7R1.971.328/9		1	<b>NO</b>	-
			7R1.972.982		2	<b>SI</b>	A
			7R1.972.310/1		1	<b>SI</b>	C
			7R1.974.304/5		1	<b>SI</b>	C

*Tabla A.1 Identificación de conjuntos y piezas*

## Anexo-B. Tabla estandarizada de tiempos de procesos

### Tabla de tiempos estándar para piezas estáticas (pequeñas)

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)
Descargar conjunto (desde un útil robot) y dejado en contenedor	0,150
Descargar conjunto de la cinta transportadora y dejado en contenedor	0,180
Coger pieza y posicionar en soldadora fija	0,060
Extraer pieza soldadora fija	0,070
Coger y colocar pieza en útil instalación robot	0,100
Pulsar botonera	0,050

DESCRIPTIVO PROCESOS	Soldadora Fija (min)
Pulsa automático	0,040

DESCRIPTIVO PROCESOS	Robot Instal. (min)
Baja pantalla protectora y bloqueo	0,060
Robot se acerca al útil	0,050
Soldadura del robot instalación (1 punto)	0,050
Sube pantalla protectora y desbloqueo	0,060
Robot gira eje y dispone del manipulador	0,150
Robot extrae conjunto y lo lleva a pinza estática ( o marcador o tucker...) de la instalación	0,120
Soldadura de la pinza estática (soldadora estática) (1 punto)	0,040
Robot coge conjunto de pinza estática y la acerca al marcador (o poste masilla o tucker...)	0,100
Marcador marca	0,080
Robot deposita conjunto en cinta	0,150
Aplicación de masilla verde 100mm	0,169
Gira la mesa giratoria-útil	0,030
Soldadura Tucker (1 punto)	0,050
Atuercador coloca una tuerca	0,030
Atuercador suelda la tuerca (1 punto)	0,040

*Tabla B.1 Tiempos estándar piezas estáticas*

### Tabla de tiempos estándar para elementos móviles y techos

DESCRIPTIVO PROCESOS	Operario (min)
Descargar conjunto (desde un útil robot) y dejado en contenedor	0,150
Descargar conjunto de la cinta transportadora y dejado en contenedor	0,180



DESCRIPTIVO PROCESOS	Robot Instal. (min)
Robot se aproxima a útil	0,050
Robot aplica masilla verde (50mm)	0,150
Robot coge elemento movil/techo y posiciona en útil intermedio	0,180
Robot aplica masilla negra (50mm)	0,288
Robot coge elemento movil o techo de útil intermedio y lo lleva a engrapadora	0,250
Robot coge el conjunto de la engrapadora y la deja en cinta transportadora	0,250

DESCRIPTIVO PROCESOS	Engrapadora (min)
Engrapado	3,050

*Tabla B.2 Tiempos estándar elementos móviles y techos*

En efecto, hay dos tipos de tablas estándar de tiempos: Las de piezas estáticas (piezas pequeñas) y las de elementos móviles/techos (en esta clasificación entran capo, puertas, portón trasero y techo).

Debido a que los elementos móviles y techos son piezas más grandes, su manipulación es más difícil, tanto para robots como para operario. Por lo tanto se observara como los tiempos son más grandes.

Destacar, que es una tabla (o tablas) que se usan como referencia, pero no como verdad absoluta. De ahí que, algunos tiempos (mostrados en capítulo-5) pueden variar ligeramente (sobretudo los del operario) según los pequeños matices y particularidades que se pueda creer que tiene una pieza. Obviamente los nombres de las acciones también van cambiando.

Por ultimo, falta en estas tablas nombrar otros procesos que se realizan en la Fabrica-B (como soldaduras MIG, sellados.....). Esto es a causa de que esos tiempos no son interesantes, debido a que no se necesitan para el modelo AC-157.



## Anexo-C. Capacidad máxima de fabricación del modelo AC-157

En la siguiente tabla, las capacidades máximas de fabricación diaria (coches) para cada conjunto.

<b>CAPACIDAD DE FABRICACIÓN MAXIMA DIARIA DE COCHES PARA CADA CONJUNTO</b>	
Conjunto Montante 'A' Inferior Superior Izquierdo/Derecha (7R1.921.280/1)	<b>408</b>
Conjunto Montante 'A' Interior Inferior Izquierdo/ Derecha (7R1.913.234/5)	<b>408</b>
Conjunto Refuerzo Faldón Superior (7R1.924.442)	<b>502</b>
Conjunto Larguero Superior Exterior (7R1.921.246/7)	<b>657</b>
Conjunto Revestimiento Techo Abrible (7R1.928.128)	<b>205*</b>
Conjunto Pasarruedas Interior Izquierdo (7R1.910.962)	<b>824</b>
Conjunto Pasarruedas Interior Derecho (7R1.910.963)	<b>796</b>
Conjunto Pasarruedas Posterior Externo Izquierdo/Derecha (7R1.910.510/1)	<b>480</b>
Conjunto Traviesa Posterior Izquierda/Derecha (7R1.970.166/7)	<b>441</b>

*Tabla C.1 Capacidad máxima fabricación diaria*

La capacidad máxima de fabricación (de coches) es un dato muy importante puesto que sirve para saber, cuantos coches como máximo se podría realizar en caso de haber una demanda extra puntual. Se sabe, que la producción diaria a de ser de 350 coches/día. Sin embargo, queda por saber cual será la capacidad máxima de fabricación. Así pues, esta será, la de la instalación que menos conjuntos pueda hacer, por tanto, la capacidad **máxima de fabricación de coches del modelo AC-157** en Fabrica-B es de **408 coches/día**.

Destacar, que para este calculo, no se tiene en cuenta el Revestimiento Techo Abrible, puesto que tan solo es un extra, el cual no tiene el mismo rango de fabricación que el modelo en sí (sin Techo Abrible). Recordar que la producción diaria del AC-157 sin Techo Abrible es de 350 coches/día y con Techo Abrible es de 105 coches/día.



## Anexo-D. Descriptivo inversiones de las instalaciones

En este anexo se muestra la descripción (justificación) del coste de las instalaciones debido a todos sus componentes. Remarcar, que en el precio de la célula va incluida la mano de obra de la construcción de las instalaciones. El IVA esta incluido en el precio de cada uno de los elementos.

### Instalación A:

1 Célula estándar con nidos	92.540 €
2 útiles soldadura para 7R1.921.280/1	57.276 €
Soldadura fija	12.500 €
1 útil soldadora	8.000 €
2 útiles soldadura para 7R1.913.234/5	55.011 €
1 robot con pinza + paquete energético	29.000 €
2 soportes de medición (7R1.921.280/1 y 7R1.913.234/5)	24.000 €
4 contenedores específicos (dos para cada conjunto)	4.000 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>282.687 €</b>

*Tabla D.1 Inversión para instalación A*

### Instalación B:

1 Célula estándar con nidos (incluye marcadora y cinta transportadora)	102.540 €
1 útiles soldadura para 7R1.924.442	50.578 €
1 robot con pinza y manipulador + paquete energético	31.000 €
1 pinza estática soldadora mas paquete energético	10.500 €
1 soporte de medición para 7R1.924.442	12.000 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>186.478 €</b>

*Tabla D.2 Inversión para instalación B*

### Instalación C:

2 soldadoras fijas	25.000 €
2 Útiles soldadura fija para 7R1.921.246/7	31.600 €
1 soporte de medición	12.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>68.600 €</b>

*Tabla D.3 Inversión para instalación C*

Instalación D:

1 Célula estándar con nidos (incluye cinta transportadora)	98.540 €
1 robot grande con aplicador masilla verde y manipulador + paquete energético	49.000 €
1 robot con aplicador masilla negra y manipulador + paquete energético	49.000 €
2 útiles para 7R1.928.128	85.000 €
1 engrapadora de techo abrible	196.802 €
2 contenedores específicos	2.000 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>408.702 €</b>

Tabla D.4 Inversión para instalación D

Instalación E:

2 Célula estándar con nidos (incluye 2 poste masilla y 2 cinta transportadora )	327.000 €
4 robots con pinza y manipulador + paquetes energéticos	124.000 €
2 soportes de medición (7R1.910.962 y 7R1.910.963)	24.000 €
3 útiles soldadura soporte para 7R1.910.962	262.500 €
3 útiles soldadura para 7R1.910.963	262.500 €
2 pinzas estáticas soldadoras mas paquetes energéticos	21.000 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>1.021.360 €</b>

Tabla D.5 Inversión para instalación E

Instalación F:

1 Célula estándar con nidos (incluye mesa giratoria, marcadora y 1 cinta transportadora )	132.540 €
2 útiles soldadura para 7R1.910.510/1	156.400 €
1 robot con pinza y manipulador + paquete energético	31.000 €
1 soportes de medición	12.000 €
1 cilindro soldadora tuerca ("atuercador")	32.000 €
Tucker	27.700 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>392.000 €</b>

Tabla D.6 Inversión para instalación F

Instalación G:

1 Célula estándar con nidos (incluye marcadora y cinta transportadora)	102.540 €
2 útiles de soldadura 7R1.970.166/7	125.000 €
1 robot con pinza y manipulador + paquete energético	31.000 €
1 soportes de medición	12.000 €
1 pinza estática soldadora mas paquete energético	10.500 €
Dispositivo para pautas destructivas	360 €
<b>TOTAL</b>	<b>281.400 €</b>

Tabla D.7 Inversión para instalación G



## Anexo-E. Descriptivo costes unitarios debido energía

Se sabe que la Fábrica B paga el Kwh a 0,0932 € y el m<sup>3</sup> de agua a 2,430 €. Sabiendo que una instalación con un robot, consume 20 Kwh de electricidad/ hora y 0,420 m<sup>3</sup> de agua a la hora y sabiendo los robots que tiene cada instalación y el número de horas diarias que trabajan para hacer las 350 unidades por clave, se obtiene la siguiente tabla (IVA incluido).

COSTE UNITARIO A IMPUTAR A LAS CLAVES DEBIDO ELECTRICIDAD Y AGUA								
Nº	CLAVE	ROBOTS	HORAS DIARIAS DE TRABAJO POR CLAVE (350 Uni)		COSTE UNITARIO CLAVE DEBIDO ELECTRICIDAD		COSTE UNITARIO CLAVE DEBIDO AGUA	
1	7R1.921.280/1	1	4,78	4,78	0,03 €	0,03 €	0,01 €	0,01 €
2	7R1.913.234/5	1	3,85	3,85	0,02 €	0,02 €	0,01 €	0,01 €
3	7R1.924.442	1	14,05		0,07 €		0,04 €	
4	7R1.921.246/7	0,5	5,36	5,36	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €
5	7R1.928.128	3	10,33		0,55 €		0,30 €	
6	7R1.910.962	2	8,56		0,09 €		0,05 €	
7	7R1.910.963	2	8,87		0,09 €		0,05 €	
8	7R1.910.510/1	1	7,35	7,35	0,04 €	0,04 €	0,02 €	0,02 €
9	7R1.970.166/7	1	7,99	7,99	0,04 €	0,04 €	0,02 €	0,02 €

Tabla E.1 Inversión para instalación G

Ejemplo cálculo realizado para obtener coste unitario **electricidad utilizada** (7R1.928.128)

$$3\text{robots} * \frac{10,33h}{350\text{claves}} * \frac{20Kwh}{1\text{robot} * 1h} * \frac{0,0932€}{1Kwh} = \frac{0,16504€}{1\text{clave}} = 0,17€/ \text{clave} \quad (\text{Ecuación E.1})$$

En efecto, la filosofía realizada para el cálculo de la ecuación E.1 ha sido aplicada para el resto de claves, tanto para el cálculo del coste unitario debido electricidad como agua. Ahora solo queda realizar la suma de los dos costes (electricidad y agua) para obtener el coste unitario por clave debido a la energía.

Nº	CLAVE	COSTES UNITARIOS CLAVES DEBIDO ENERGIA	
1	7R1.921.280/1	0,04 €	0,04 €
2	7R1.913.234/5	0,03 €	0,03 €
3	7R1.924.442	0,11 €	
4	7R1.921.246/7	0,02 €	0,02 €
5	7R1.928.128	0,85 €	
6	7R1.910.962	0,14 €	
7	7R1.910.963	0,14 €	
8	7R1.910.510/1	0,06 €	0,06 €
9	7R1.970.166/7	0,06 €	0,06 €

Tabla E.2 Coste a imputar a las claves que se hacen debido energía